ISSN 0181-0642

BULLETIN du MUSÉUM NATIONAL d'HISTOIRE NATURELLE

PUBLICATION TRIMESTRIELLE

SECTION C

sciences de la terre

paléontologie
géologie
minéralogie

4e SERIE T. 5 1983 N° 1

Janvier-Mars 1983

BULLETIN
du
MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

57, rue Cuvier, 75005 Paris

Directeur : Professeur E. R. Brygoo

Fondé en 1895, le *Bulletin du Muséum d'Histoire naturelle* est devenu à partir de 1907 : *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle.* Des travaux originaux relatifs aux diverses disciplines scientifiques représentées au Muséum y sont publiés. Il s'agit essentiellement d'études de Systématique portant sur les collections conservées dans ses laboratoires, mais la revue est également ouverte, depuis 1970 surtout, à des articles portant sur d'autres aspects de la Science : biologie, écologie, etc.

La *1re série* (années 1895 à 1928) comprend un tome par an (t. 1 à 34), divisé chacun en six fascicules regroupant divers articles.

La *2e série* (années 1929 à 1970) a la même présentation : un tome (t. 1 à 42), six fascicules par an.

La *3e série* (années 1971 à 1978) est également bimestrielle. Le *Bulletin* est alors divisé en cinq Sections et les articles paraissent par fascicules séparés (sauf pour l'année 1978 où ils ont été regroupés par fascicules bimestriels). Durant ces années chaque fascicule est numéroté à la suite (nos 1 à 522), ainsi qu'à l'intérieur de chaque Section, soit : Zoologie, nos 1 à 356 ; Sciences de la Terre, nos 1 à 70 ; Botanique, nos 1 à 35 ; Écologie générale, nos 1 à 42 ; Sciences physico-chimiques, nos 1 à 19.

La *4e série* débute avec l'année 1979. Le *Bulletin* est divisé en trois Sections : A : Zoologie, biologie et écologie animales ; B : Botanique, biologie et écologie végétales, phytochimie (fusionnée à partir de 1981 avec la revue *Adansonia*) ; C : Sciences de la Terre, paléontologie, géologie, minéralogie. La revue est trimestrielle ; les articles sont regroupés en quatre numéros par an pour chacune des Sections ; un tome annuel réunit les trois Sections.

S'adresser :

- pour les **échanges**, à la Bibliothèque centrale du Muséum national d'Histoire naturelle, 38, rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris, tél. 331-71-24 ; 331-95-60.
- pour les **abonnements** et **achats au numéro**, au Service de vente des Publications du Muséum, 38, rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris, tél. 331-71-24 ; 331-95-60. C.C.P. Paris 9062-62.
- pour tout ce qui concerne la **rédaction**, au Secrétariat du Bulletin, 57, rue Cuvier, 75005 Paris, tél. 587-19-17.

Abonnements pour l'année 1983 (Prix h.t.)

Abonnement général : 1080 F.
Section A : Zoologie, biologie et écologie animales : 670 F.
Section B : Botanique, *Adansonia* : 300 F.
Section C : Sciences de la Terre, paléontologie, géologie, minéralogie : 195 F.

Numéro d'inscription à la Commission paritaire des publications et agences de presse : 1405 AD

BULLETIN DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE
4e série, 5, 1983, section C (Sciences de la Terre, Paléontologie, Géologie, Minéralogie), no 1

SOMMAIRE — *CONTENTS*

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., **5**, 1983,
section C, n° 1 : 3-23.

Ammonites, Inocérames et Échinides du Crétacé supérieur de Paki (Sénégal) [1]

par Jean Roman et Jacques Sornay

Résumé. — Description de deux espèces d'Ammonites, trois espèces d'Inocérames, dont *Inoceramus* (*Trochoceramus*) *senegalensis* n. sp., quatre espèces d'Échinides, dont *Echinogalerus* (?) n. sp. Toutes les espèces sont signalées pour la première fois au Sénégal. La faune est vraisemblablement d'âge Campanien supérieur, en raison de la présence de *Libycoceras* sp. Elle présente des affinités multiples, mais principalement avec la moitié nord de l'Afrique. Elle devait correspondre à un milieu infralittoral d'assez basse énergie.

Abstract. — Two species of Ammonites, three species of Inocerams and four species of Echinoids are described. From these *Inoceramus* (*Trochoceramus*) *senegalensis* and *Echinogalerus* (?) sp. are new. All the species are recorded for the first time from Senegal. This fauna is very likely of Upper Campanian age because the occurrence of *Libycoceras* sp. It shows very numerous affinities, but mainly with the Northern half of Africa. It should agree to an infralittoral environment with a rather low energy.

J. Roman, *LA 12 du CNRS, Institut de Paléontologie, Muséum national d'Histoire naturelle, 8, rue Buffon, 75005 Paris.*
J. Sornay, *37, rue Jules Nadi, 26600 Tain.*

Introduction

Le gisement de Paki est situé dans le dôme de Ndiass, à 36 km à l'est de Dakar (à vol d'oiseau). Il a été découvert par F. Tessier (1954), qui y a cité une faune de Bivalves et Gastropodes. Il lui attribuait « une position subordonnée... par rapport au niveau maestrichtien ». Récemment, J.-R. Lappartient & J. Monteillet (1982) en ont repris l'étude. Ils y ont signalé, en plus, des restes de plantes (Monteillet & Lappartient, 1981), des Céphalopodes, des Inocérames et des Échinides. D'après l'ensemble de la faune, ils ont admis un âge campano-maastrichtien pour ce gisement. Cependant, le présence de *Libycoceras* sp. nous permet de le considérer comme étant vraisemblablement campanien supérieur. Les Céphalopodes, les Inocérames et les Échinides nous avaient été soumis. Ils méritent une étude approfondie, de même que les fossiles de même provenance qui nous ont été communiqués, plus récemment, par Latyr N'Diaye. Pour les conditions de gisement, nous renvoyons à J.-R. Lappartient & J. Monteillet (1982). Nous donnons toutefois des croquis tirés de leur article (fig. 1).

1. Contribution au Programme international de corrélation géologique (PICG) n° 183 (corrélations du Mésozoïque et du Cénozoïque de l'Afrique de l'Ouest).

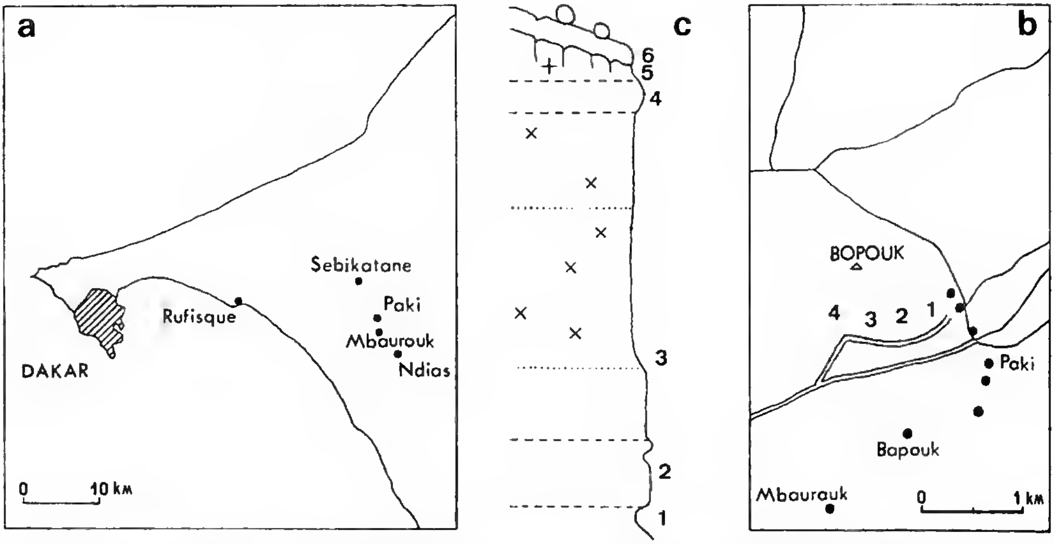


Fig. 1. — Le gisement de Paki : 1a, situation géographique ; 1b, emplacement des carrières 1 à 4 (les cercles noirs sont des villages) ; 1c, coupe des carrières 1 et 2 (les chiffres 1 à 6 désignent les divers niveaux distingués par J.-R. Lappartient & J. Monteillet, 1982 ; les Inocérames sont représentés par le signe +, les Échinides par le signe ×). (Les croquis 1a à 1c ont été tirés de Lappartient & Monteillet, 1982, et très simplifiés.)

AMMONITES ET INOCÉRAMES [1]

La faune d'Ammonites et d'Inocérames est extrêmement réduite. Elle se compose de sept exemplaires dont plusieurs sont de simples fragments. Ce sont trois Ammonites et quatre Inocérames. Tous les spécimens sont à l'état de moules internes. Les Ammonites correspondent à deux espèces et les Inocérames à trois espèces.

Ammonites

Libycoceras sp.

(Pl. III, 1)

Deux fragments très incomplets d'un *Libycoceras* dont le plus grand correspond à moins d'un tiers de tour. Bien que non déterminables spécifiquement, ces deux débris conduisent à attribuer cette faunule au Maastrichtien, ou mieux, au Campanien supérieur comme l'a montré Z. Reiss (1962). Le genre est bien connu en Afrique, en particulier dans la moitié nord du continent.

1. Par J. Sornay.

Diplomoceras (?) sp. vel **Polyptychoceras** (?) sp.
(Pl. II, 3)

Un unique fragment d'une Ammonite déroulée. C'est un morceau de hampe rectiligne, long de 9,5 cm. La section du tour est ovale, ses dimensions étant 6,5 cm sur 4,9 cm. L'ornementation, très régulière, consiste en côtes fines, simples, faisant le tour de la hampe sans affaiblissement ni inflexion. Ces côtes sont un peu anguleuses, larges de 1 à 1,5 mm, séparées par des intervalles deux fois plus larges qu'elles. On compte régulièrement trois côtes sur un centimètre de hampe. A la base de ce fragment on voit une petite trace de suture sous forme de deux sattules. Ce fossile représente, à mon avis, le début de la chambre d'habitation, ce que confirmeraient les fracturations que montre ce moule interne. La coquille droite, les côtes simples, régulières, non tuberculées conduisent à rapporter ce fossile à un Diplomoceratidae et, plus précisément, à *Diplomoceras* plutôt qu'à *Polyptychoceras*. Le premier de ces genres est plus vraisemblable du fait de sa vaste répartition, le second n'étant connu que du Santonien du Japon. Il est intéressant de remarquer que, à ma connaissance, le genre *Diplomoceras* n'a pas encore été signalé dans la moitié nord de l'Afrique. Ce fragment rappelle beaucoup *D. notabile* Whiteaves *in* Kilian et Reboul (1909) des régions sud-polaires (péninsule Antarctique).

Inocérames

Inoceramus (**Trochoceramus**) **senegalensis** n. sp.
(Pl. I, 1)

Derivatio nominis : D'après le nom de la région dont provient l'holotype.

Locus typicus : Carrière 2, ouverte dans la colline de Bopouk, au nord-ouest du village de Paki (fig. 1).

Stratum typicum : Niveau 5 de la carrière 2, grès quartzite à grain moyen, blanc, taché de brun, contenant des Pinnes et des Inocérames.

Holotype : Spécimen n° 1982-1 (I. 76343) (Institut de Paléontologie du Muséum, Paris).

Diagnose : Espèce de grande taille, probablement équivalve, inéquilatérale, peu bombée ; crochet petit, peu saillant ; côtes concentriques, serrées, basses, s'écartant rapidement, à trajet un peu anguleux chez le jeune ; costulation radiale serrée, très peu saillante, nette sur la partie antéro-médiane ; angle de la direction de croissance et du bord cardinal de l'ordre de 60°.

Description

Forme grande (L = 16 cm, H = 11 cm). L'exemplaire unique étant mal conservé, une partie du côté antéro-ventral manquant, les dimensions réelles sont nettement plus grandes.

Coquille probablement équivalve, très inéquilatérale, faiblement bombée. Bord cardinal rectiligne, assez long, fossettes ligamentaires non conservées. Il n'y a pas d'aile nettement individualisée. Crochet épais, arrondi, dépassant peu le bord cardinal.

Bord antérieur mal conservé, s'abaissant doucement vers le plan sagittal. Aile antérieure non individualisée, angle antéro-cardinal α de l'ordre de 110°. Seule la partie postérieure du bord ventral est conservée, montrant le raccord brusque, presque anguleux avec le bord postérieur. La costulation montre que ce bord ventral décrit un arc très ouvert. Le bord postérieur est presque rectiligne et rejoint le bord cardinal sous un angle β de 120°. L'exemplaire ne montre ni sillon endocostéen ni flexure haenleinienne.

Le test manque complètement sur ce moule interne, dont l'ornementation est formée de côtes concentriques, dissymétriques, serrées, s'abaissant en marches d'escalier vers le côté ventral. Assez vigoureuses au début, elles deviennent de plus en plus basses et larges avec l'âge. Ce sont très vraisemblablement des circulae (Anwachsreifen de Heinz), qui paraissent tout à fait parallèles aux lineae. Les lineae elles-mêmes sont fines et serrées. La densité de costulation est de 8-9 côtes entre 4 et 10 cm à partir du sommet de la coquille. Une costulation radiale peu marquée couvre toute la moitié antérieure de la coquille et se continue plus faiblement sur l'arrière du moule interne. La direction de croissance fait avec le bord cardinal un angle $\gamma = 60°$. La rapport h/l est impossible à calculer, sauf sur la partie voisine de l'apex, la partie antérieure et ventrale de la coquille étant très incomplète. Sur la partie jeune, jusqu'à 4 cm du sommet, la valeur moyenne de h/l est 0,71.

Affinités

La présence d'une costulation radiale conduit à rattacher la forme décrite au sous-genre *Trochoceramus* Heinz, tel qu'il a été redéfini par O. Seitz (1970 : 112). Aucune des six espèces décrites ou redécrites dans son travail par Seitz ne correspond à la forme sénégalaise. Par contre, notre exemplaire n'est pas très éloigné de *I. launartensis* Sornay et Bilotte (1978 : 34, pl. 5, fig. 1) du « Calcaire naukin » (Maastrichtien des Pyrénées). Il s'en écarte par sa costulation moins serrée (D = 8-9 contre D = 12-13), ses valves moins bombées, son angle γ, qui est de 60° au lieu de 45-50° chez *I. launartensis*, et la valeur plus faible en moyenne du rapport h/l.

Il est encore plus voisin d'une forme syrienne non étudiée, que l'on trouve également en Tunisie, dans le Kef (récoltes P. Donze). Les différences avec *I. (Tr.) senegalensis* montrées par les exemplaires de Syrie et de Tunisie me paraissent relever tout au plus des caractères de races géographiques.

Par contre, il existe un *Trochoceramus* différent en Espagne (Guipuzcoa, récoltes B. Mathey) et dans les Pyrénées franco-espagnoles (coll. Géologie Toulouse, réc. M. Bilotte). Ce *Trochoceramus* est plus voisin de *I. (Tr.) nahorianensis* Kocjubinskij (1968 : 145, pl. 28, fig. 4). Enfin, en Angola, on trouve *I. (Tr.) nahorianensis* lui-même. En résumé, il semble que dans l'état actuel de nos connaissances, on observe *I. (Tr.) senegalensis* et des formes affines dans une zone allant du Sénégal à la Syrie en passant par la Tunisie, tandis que, au nord et au sud de cette zone, le sous-genre *Trochoceramus* est représenté par des formes différentes correspondant au groupe de *I. (Tr.) nahorianensis*.

Inoceramus (Trochoceramus ?) aff. pseudoregularis dandensis Sorn.
(Pl. II, 1)

Un unique exemplaire qui est un moule interne bien conservé. Il correspond à une valve gauche et à la partie apicale d'une valve droite. Les caractères de cet exemplaire conduisent à le rapprocher étroitement de *I. pseudoregularis dandensis* Sorn. (M. T. ANTUNES et J. SORNAY, 1969 : 90, pl. 8) :

— Les côtes ne recoupent pas les lineae, ou à peine, et la densité de costulation entre 4 et 10 cm à partir du sommet est de 7 chez les deux formes.

— La valeur moyenne de h/l est de 0,83 chez la forme sénégalaise et de 0,84 chez *dandensis*. Chez les deux formes, les variations ontogéniques de h/l sont comparables (fig. 2). Chez les deux formes, les côtes se relaient de la même façon sur le dos de la coquille et ce sont des circulae à lineae fortes ; elles sont basses et irrégulières sur la partie âgée.

— Chez la forme sénégalaise, $\gamma = 60^o$, s'abaissant à 55° au niveau du rabattement. Chez *dandensis*, $\gamma = 55^o$-60° et chez les deux formes, γ diminue avec l'âge. Enfin, chez les deux formes, la partie rabattue montre une ornementation faible et irrégulière.

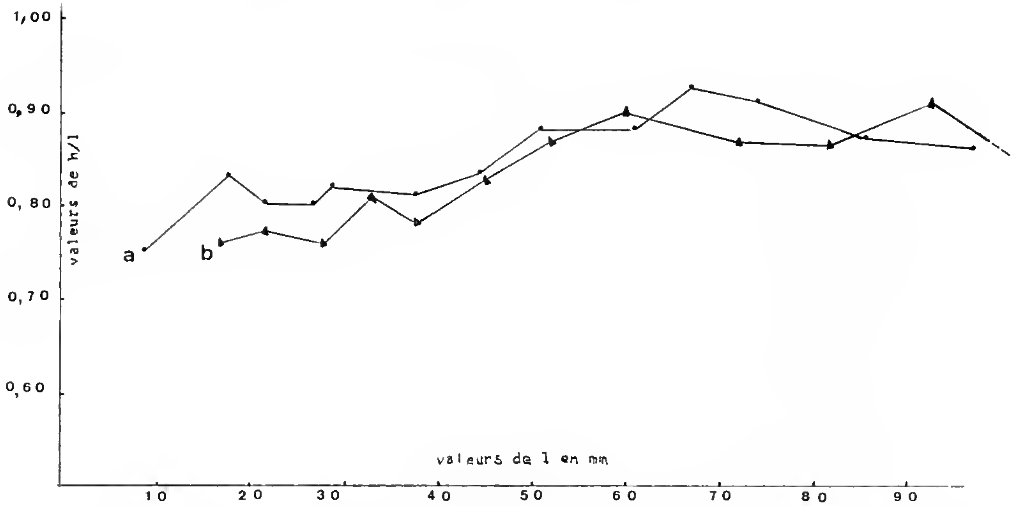


FIG. 2. — Variation ontogénique du rapport h/l chez l'holotype de *I. pseudoregularis dandensis* Sorn. (courbe a) et chez *I.* aff. *pseudoregularis dandensis* de Paki (courbe b). En abscisse : la largeur ; en ordonnée : le rapport hauteur/largeur.

La seule différence entre l'Inocérame de Paki et *dandensis* est le rabattement bien plus brutal chez la forme sénégalaise. A l'arrière de la coquille, où la partie rabattue est la plus grande, le rabattement se fait par une série de ressauts arrondis. Cet aspect est

moins net chez *I. pseudoregularis dandensis.* C'est pourquoi je préfère ne pas lui assimiler complètement la forme sénégalaise. Peut-être s'agit-il simplement ici d'un variant géographique.

Enfin, il n'est pas absolument exclu que, aussi bien pour la forme angolaise que pour la forme sénégalaise, il s'agisse d'un *Trochoceramus.* Dans les deux cas, la conservation ne permet pas d'affirmer que les traces de crénelures que l'on voit chez les deux formes sont bien réelles et ne sont pas simplement des apparences dues à l'érosion. Si la présence des crénelures était prouvée, la forme angolaise serait un homéomorphe de *I. pseudoregularis* et ne pourrait pas lui être rattachée comme sous-espèce non plus que la forme sénégalaise. Actuellement la question reste en suspens.

Inoceramus (**Endocostea**) sp. ex gr. **flexibalticus** Seitz
(Pl. II, 2)

Deux moules internes très incomplets (n^os^ L 76284 et L 76286). Il s'agit d'une forme grande (L ≠ 12-13 cm et H ≠ 7 cm), équivalve, très inéquilatérale, fortement bombée, les valves se rabattant très progressivement vers le plan sagittal.

Le bord cardinal est très long, les fossettes ligamentaires ne sont pas conservées. Il y a une aile postérieure longue, mais très étroite, une aile antérieure très courte, mais bien individualisée. Le côté antérieur est court et rectiligne. L'angle antéro-cardinal α est de 120°. Le bord cardinal passe brusquement au bord ventral, très long et largement courbé. Ce dernier passe insensiblement au bord postérieur. Le bord postérieur dessine un arrondi très régulier et rejoint le bord cardinal sous un angle $\beta = 120°$.

Chez les deux exemplaires existe un sillon endocostéen sur les deux valves. Une flexure haenleinienne existe sur l'exemplaire L 76284, mais peu accusée. L'autre exemplaire est trop incomplet pour qu'on puisse y voir quelque chose. L'ornementation ne peut pas être décrite avec beaucoup de précision, du fait qu'il s'agit de moules internes plus ou moins déformés. La densité de costulation entre 4 et 10 cm à partir du sommet de la coquille est D = 6. Les côtes relativement serrées au début s'écartent rapidement avec l'âge. Elles sont fortement dissymétriques, se succédant en marches d'escalier. Ce sont probablement des circulae, avec des lineae bien visibles sur le moule interne et qui recoupent les côtes, surtout du côté antérieur.

Le rapport h/l est certainement modifié par la déformation de la coquille. Il est de 0,61 en moyenne pour l'exemplaire L 76284 et de 0,57 pour L 76286. L'angle fait par la direction de croissance avec le bord cardinal est $\gamma = 20\text{-}25°$.

Affinités

Il s'agit là d'une forme appartenant au sous-genre *Endocostea* Whitefield, tel qu'il a été révisé par O. Seitz (1967 : 48) pour y comprendre au sens large les formes du groupe de *I. balticus* J. Böhm. L'Inocérame sénégalais rappelle particulièrement *I. flexibalticus* Seitz, sans qu'il soit possible de préciser davantage vu le mauvais état du matériel étudié. Il rappelle peut-être encore plus la forme figurée par E. Beyrich (1852 : pl. 2, fig. 1), du Sénonien terminal (Maastrichtien ?) dans l'extrême sud-est de la Libye. Cette forme con-

sidérée par Beyrich comme *I. impressus* d'Orb., a été attribuée par J. Böhm (1909 : 53) à une espèce nouvelle, *Endocostea beyrichi*. Les affinités évidentes de l'Inocérame de Beyrich avec la forme sénégalaise montrent, comme dans le cas de *I. senegalensis*, qu'il existe visiblement des rapports entre le Sénégal et l'est de l'Afrique du Nord en ce qui concerne les Inocérames.

ÉCHINIDES [1]

La faune d'Échinides comprend les espèces suivantes : *Codiopsis* cf. *stephensoni*, *Echinogalerus* (?) n. sp., *Hemiaster messai*, *Linthia payeni*. Tous les Échinides, comme les autres fossiles, sont à l'état de moules internes en grès quartzite. Beaucoup de caractères, nécessaires pour l'identification, sont donc absents.

Principales abréviations : AM : ambulacre ou ambulacraire ; D : diamètre du test ; D_{ap} : diamètre de l'appareil apical ; D_{ps} : diamètre du péristome ; d_{ap} : distance appareil apical-bord antérieur du test (mesurée à partir de la ligne joignant les pores génitaux antérieurs) ; d_{ps} : distance bord postérieur du péristome-bord postérieur du test ; h : hauteur du test ; IA : interambulacre ou interambulacraire ; L : longueur du test ; l : largeur du test ; l_{am} : largeur de l'AM ; N : nombre de paires de pores AM, N_I : dans l'AM impair (III), N_l : dans les pétales latéraux (II), N_p : dans les pétales postérieurs (V) Certaines dimensions sont exprimées en pourcentage du diamètre du test.

Codiopsis cf. **stephensoni** Cooke
(Pl. III, 2-4)

1953. *Codiopsis stephensoni* Cooke, p. 8 ; pl. 1, fig. 9-11.
1982. *Codiopsis* sp. : Lappartient & Monteillet (*sous presse*).

Matériel : Trois moules internes, dont un, un peu écrasé, récolté par F. Tessier (nº L 76371), les deux autres par Latyr N'Diaye (nº 1982-1B et C), l'un étant un peu déformé.

Dimensions (en millimètres).

	D	h		D_{ap}		D_{ps}		l_{am}	
1982-1B	63,5	32,5	(51)	11,5	(18)	36,0	(57)	13,0	(20)
1982-1C	60 (?)	31,7	(53)	10,5	(17)	31	(52)	12 (?)	(20)
L 76371	57 (?)	25 (?)	(44 ?)	9 (?)	(16)	30 (?)	(53)	11	(19)
Holotype	37,4	23	(61)	8	(21)	19,7	(53)	5,3	(14)

1. Par J. Roman.

Description (spécimen n° 1982-1B)

Contour pentagonal arrondi ; forme presque hémisphérique, un peu conique. Ambitus situé très près de la base. Face orale peu arrondie, presque plane. Appareil apical assez grand, apparemment dicyclique, bien que les ocellaires semblent très rapprochées du périprocte. Celui-ci, très développé, ovale (le grand axe orienté selon I-3), en occupe le centre. Génitales grandes, pentagonales (le madréporite ne semble pas plus développé que les autres), le pore s'ouvrant très loin du bord périproctal. Un sillon à peu près circulaire traverse le milieu des génitales et les ocellaires à l'endroit où débute chaque plaque AM. Il doit correspondre à l'empreinte de l'apophyse apicale, formation squelettique de la face interne du test.

Péristome extrêmement grand (plus de deux fois plus large que la moitié du diamètre du test), pentagonal arrondi ; scissures larges et peu profondes.

Ambulacres assez larges, se rétrécissant au niveau de l'ambitus, au-delà duquel leur aspect est tout différent. Paraissant dépourvus d'ornementation à la face apicale, ils sont constitués au total par environ vingt et une plaques majeures (trisociées). Zygopores au nombre d'environ quarante-six à la face apicale (quinze plaques), régulièrement superposés sur une colonne dans chaque zone porifère (pores unigéminés). Au-dessous de l'ambitus ils deviennent beaucoup moins visibles et semblent se disposer sur plusieurs colonnes. Chacune des six plaques de cette région porte un fort tubercule.

Interambulacres à peu près deux fois et demie plus larges que les AM (à l'ambitus), constitués par dix-sept plaques paires, les douze de la face apicale dépourvues d'ornementation (pas de tubercules). A la face orale existe une plaque péristomienne impaire (plaque primordiale) ; les cinq plaques paires qui lui font suite portent un fort tubercule dans leur partie voisine de l'AM ; ceci réalise une disposition en V largement ouvert assez frappante.

Les autres spécimens ne montrent pas de différences marquées, sauf la face apicale beaucoup moins bombée du n° L 76371, vraisemblablement due à la déformation. Ce spécimen a seize plaques IA et dix-neuf AM, et environ quarante paires de pores à la face apicale (treize plaques) ; l'autre a quinze plaques IA.

Attribution spécifique

En raison des caractères énumérés ci-dessus, la forme étudiée est sans aucun doute un *Codiopsis*. Les espèces de ce genre sont généralement de taille petite ou moyenne, sauf *C. doma* (Desmarets), du Cénomanien, qui peut atteindre 45 mm de diamètre (Smiser, 1935) ; elle ne peut donc pas leur être comparée utilement. Il existe cependant deux grandes espèces dans le Maastrichtien d'Amérique : *C. stephensoni* Cooke, 1953, du Texas, et *C. castroi* (Maury, 1930), de l'ouest du Brésil (État de Paraiba). K. Beurlen (1966) a décrit minutieusement un spécimen de ce dernier, mais il paraît assez différent de l'holotype et les figures au trait (fig. 3 a, b) et les photographies (fig. 3 a, b) en donnent des images dissemblables. I. M. Brito m'a fourni un moulage et des photographies de l'holotype.

Par ses dimensions relativement grandes, la forme étudiée s'apparente à *castroi*, mais elle en diffère nettement : sa face apicale est beaucoup moins bombée et sa face orale beaucoup moins renflée (l'ambitus de l'holotype apparaît très arrondi ; toutefois, ce n'est pas

le cas du spécimen décrit par K. Beurlen) ; à la face orale, il y a une seule série de tubercules, sur les plaques IA, et il y en a deux chez *castroi* (K. Beurlen signale, à la face apicale, de chaque côté, une série de tubercules secondaires, très proches de la suture médiane et se poursuivant au-dessous de l'ambitus ; ils existent aussi chez l'holotype : on les voit distinctement sur la figure de C. J. Maury (1930 : pl. 5, fig. 4), I. M. Brito (1980 : fig. 3) les a portés sur sa reconstitution et j'ai pu les observer sur le moulage) ; enfin, à la face apicale, chaque plaque IA correspond à environ quatre zygopores, c'est-à-dire à un peu plus d'une plaque AM (le nombre de plaques AM est donc peu différent de celui des IA), tandis que chez *castroi*, selon les données de K. Beurlen, pour une plaque IA, il y a deux AM, le nombre des plaques AM est donc double de celui des plaques IA (toutefois, ceci n'est pas aussi net sur le moulage de l'holotype).

Il y a beaucoup de ressemblance avec *stephensoni* (de la formation Escondido, au Texas), qui n'est connu que par l'holotype, malgré la taille au moins une fois et demie plus grande de la forme étudiée. La face apicale moins bombée pourrait résulter de la croissance différentielle ; les proportions relatives des divers organes sont comparables : diamètre de l'appareil apical, 0,16 à 0,18 contre 0,21 ; diamètre du péristome, 0,52 à 0,57 contre 0,53 ; nombre de plaques IA à la face apicale, 10 à 12 contre 10 à 11 (comptées sur la planche 1, fig. 11 de Cooke) ; nombre de tubercules AM et IA à la face orale, 6 et 5, respectivement, contre 7 (?) et 6 (comptés sur les figures de Cooke) ; largeur des AM, 0,19 à 0,20 contre 0,14 (mesurée sur la figure 11) ; la différence semble assez importante dans ce cas, mais, sur les moules internes de Paki, les AM sont peut-être plus larges qu'ils ne l'étaient à la face externe. En raison de ces ressemblances, on peut désigner la forme étudiée sous le nom de *C.* cf. *stephensoni*. Un rapprochement plus étroit avec cette espèce ne semble pas possible, car l'ornementation de la face apicale est inconnue.

Le genre *Codiopsis* est bien représenté (environ 36 espèces), du Jurassique au Crétacé supérieur. Sa présence dans le Paléocène semble douteuse : en effet, l'attribution à ce genre de *C. mortenseni* Lambert, de l'Ilerdien de France, paraît incertaine. Il est connu en Europe, en Afrique du Nord, au Proche-Orient et en Amérique (Texas, Cuba, Brésil). Avec *C.* cf. *stephensoni*, c'est la première fois qu'il est signalé sur la côte occidentale d'Afrique (à l'exception du Maroc occidental).

Echinogalerus (?) n. sp.
(Pl. III, 5-7)

1982. *Pygaulus* sp. : Lappartient & Monteillet (*sous presse*).

Matériel : Un moule interne en assez bon état (nº L 76370).

Dimensions (en millimètres : L : 22,5 ; l : 19,7 (87) ; h : 12,3 (55) ; d_{ap} : 9 (40) ; d_{ps} : 11 (49) ; plus grandes dimensions du péristome : 5,3 × 3,5 ; l_{am} : 2,7.

Description

Contour allongé, régulièrement elliptique, presque semblable en avant et en arrière ; plus grande largeur très peu en arrière de la moitié de la longueur. Face apicale moyenne-

ment bombée ; ambitus assez haut. Face orale pulvinée et nettement déprimée autour du péristome.

Appareil apical probablement tétrabasal. On distingue bien les deux pores génitaux antérieurs ; le pore 1 semble très décalé, loin du centre de l'appareil apical, entre les AM I et II ; le pore 4 n'est pas distinctement visible. Ambulacres tous semblables, étroits, s'élargissant rapidement à partir de leur origine, puis restant de largeur uniforme jusqu'à l'ambitus, où ils se rétrécissent légèrement. Zones porifères étroites, constituées de paires de pores très rapprochées (au nombre d'environ 45 à la face apicale, dans l'AM IV) ; zygopores paraissant semblables dans chaque paire, se rapprochant un peu l'un de l'autre au niveau de l'ambitus : les AM pourraient donc être qualifiés de subpétaloïdes. Au voisinage du péristome, les pores deviennent plus gros et s'écartent à nouveau, réalisant apparemment une ébauche de phyllode.

Péristome situé un peu en arrière du tiers antérieur, grand, de forme ovale, disposé très obliquement, à peu près selon une direction 2-IV. Périprocte un peu détérioré ; grand, ovale, rétréci en arrière ; invisible d'en haut, il est nettement inframarginal, s'ouvrant juste sous l'ambitus.

Attribution générique

Ce moule interne est de détermination difficile. En effet, ses caractères, qui ne sont pas tous connus avec précision, ne permettent pas de choisir avec une complète certitude entre les Cassiduloïdes et les Holectypoïdes. Parmi les premiers, il rappelle, dès l'abord, *Pygaulus desmoulinsi* Agassiz, du Crétacé inférieur de France, d'où l'attribution à *Pygaulus* admise en premier lieu, mais la ressemblance, assez frappante, est superficielle. Par la disposition de ses AM et l'obliquité de son péristome, il présente des rapports avec *Rhopostoma cruciferum* (Morton), Holectypoïde du Paléocène des États-Unis, mais il s'en distingue par son périprocte inframarginal (au lieu d'être supramarginal) et par la présence d'une ébauche de phyllode. Il évoque aussi des espèces classées autrefois parmi les *Pyrina* (= *Globator*), mais dont le péristome oblique est orienté selon II-4 au lieu de 3-I : de *P. houzeaui* Cotteau, du Dano-Montien de Belgique, placé aujourd'hui parmi les *Neoglobator* (Endel'man, 1980), il diffère par son contour plus allongé et par son périprocte beaucoup plus relevé sur la face postérieure ; de « *Caratomus* (*Pyrina ?*) *obsoletus* » Bittner, de l'Éocène du Vicentin, de position systématique incertaine, il s'éloigne également par la disposition de son périprocte ; par rapport à *P. mrazeci* Popescu-Voitesti, de l'Éocène de Roumanie et de France, devenu le type de *Duperieria* Roman, 1969, il a une forme beaucoup moins globuleuse et des AM paraissant subpétaloïdes. Il ressemble enfin à certains *Echinogalerus* (*Caratomus* synonyme) : *E. peltiformis* (Wahlenberg), du Danien de Suède, signalé aussi en Belgique, est le type de ce genre ; l'oursin de Paki en a le contour oblong, le péristome excentrique et « dévié en avant » (Lambert, 1898 : 19) et le périprocte très grand ; toutefois, il s'en distingue par sa face apicale plus bombée, par son péristome plus grand et par la position de son périprocte plus relevée sur la face postérieure. D'*E. raingeardi* Tessier & Roman, du Paléocène de Côte d'Ivoire, reproduit ici pour comparaison (pl. II, 4-7), il diffère par son contour régulièrement elliptique et sa face apicale beaucoup moins bombée. En conclusion, il semble possible de le rapporter, provisoirement, à *Echinogalerus*. La définition de ce genre donnée dans le traité de R. C. Moore (1966) lui convient

parfaitement, si l'on excepte le fait qu'il montre une ébauche de phyllode. Il représente très probablement une espèce nouvelle, mais celle-ci reste trop mal connue pour qu'on puisse la nommer actuellement. Le genre *Echinogalerus* se rencontre du Crétacé supérieur (à partir du Cénomanien) au Paléocène (*E. rutoti* Lambert, du Poudingue de La Malogne, Ciply, Belgique). On en connaît une vingtaine d'espèces, en Europe et en Amérique du Nord (Basse Californie) ; *E. raingeardi*, dont l'attribution générique n'est pas tout à fait certaine, provient du Thanétien.

Hemiaster messai Peron & Gauthier
(Pl. I, 2-4)

1881. *Hemiaster Messai* Peron et Gauthier *in* COTTEAU, PERON & GAUTHIER, p. 64-66 ; pl. 4, fig. 2-5 ; et p. 131-132.
1931-1932. *Hemiaster Messai* : LAMBERT, p. 142, 143.
1939. *Hemiaster Messai* : AIRAGHI, p. 262-263 ; pl. 10, fig. 4-5.
1982. *Hemiaster messai* : LAPPARTIENT & MONTEILLET (*sous presse*).

MATÉRIEL : 4 moules internes, probablement tous un peu écrasés (nº L 76339 1-4).

DIMENSIONS (en millimètres).

	L	l	h	d_{ap}	d_{ps}	N_I	N_p	N_i
4	33,3	30,0	—	20,5	28,0	34	24	21 (?)
3	30,5	29,6	16,3	17,2	22,5	34	24	23
2	29,4	28,2	13,2 (?)	16,7	22,5	32	23	22
1	27,7	26,5	15,2	15,7	19,5	32	23	22

Les quatre moules internes diffèrent un peu les uns des autres, bien qu'ils soient de la même espèce. Le nombre de zygopores dans les pétales et dans la partie subpétaloïde de l'AM impair est très peu différent, quelle que soit la taille, mais la forme générale présente des variations : le pourtour est plus ou moins allongé (voir le nº 4) ; il est presque dépourvu de sinus antérieur chez le nº 2 qui, de plus, paraît très bas, ceci résultant sans doute d'un écrasement plus prononcé ; la face postérieure est tronquée verticalement sous le périprocte, sauf chez le nº 4 qui, curieusement, présente une face postérieure rentrante, inclinée vers l'avant ; en outre, il a un appareil apical plus excentrique en arrière et un péristome très fortement repoussé en avant.

Ces spécimens ressemblent assez à *H. fourneli* Deshayes, notamment à la forme figurée par E. DESOR (1858 : pl. 42, fig. 5), mais ils s'en distinguent par leur appareil apical plus excentrique en arrière et leur ambulacre impair plus élargi. Ils s'apparentent davantage à *H. messai*, que A. PERON & V. GAUTHIER ont établi aux dépens de *fourneli*, tel que le concevait H. COQUAND (1880). Selon ces auteurs, cette espèce est remarquable par sa forme plus déprimée, son appareil apical plus large, son sillon antérieur plus dilaté, son pourtour

plus polygonal et son aspect général moins allongé. Ces caractères se retrouvent chez les spécimens de Paki : ils ont, en effet, l'appareil apical particulièrement élargi et un AM impair très dilaté. Toutefois, il y a quelques différences : leur appareil apical est plus excentrique en arrière, leur péristome plus repoussé en avant et leur face postérieure tronquée plus verticalement. Il y a aussi des rapports avec *H. brahim* Peron & Gauthier, en raison de la grande excentricité de l'appareil apical, mais l'attribution à *messai* est préférable.

Répartition : Algérie, Santonien et Campanien ; Sahara algérien (Tanezrouft), Campanien (Lambert, 1937 : 37) ; Libye (Tripolitaine), Maastrichtien.

Linthia payeni (Coquand)
(Pl. 1, 5-7)

1880. *Hemiaster Payeni* Coquand, p. 260-261.
1881. *Linthia Payeni* : Cotteau, Peron & Gauthier, p. 134-137 ; pl. 12, fig. 3-8 ; et p. 151.
1982. *Linthia payeni* : Amard, Collignon & Roman (*sous presse*).
1982. *Linthia* aff. *payeni* Coquand : Lappartient & Monteillet (*sous presse*).

Matériel : Un moule interne un peu déformé (n° L 76339-5).

Dimensions (en millimètres) : L : 30,6 (29,2 si l'on mesure selon la direction oblique due à la déformation) ; l : 30,2 (99) ; h : 18,3 (60) ; d_{ap} : 12 (39) ; d_{ps} : 21 (69) ; N_l : 28 (II) ; N_p : 19 (I) ; N_j : 20.

Malgré sa petite taille, sa face orale médiocrement renflée, son IA impair pourvu d'une carène peu saillante, ce spécimen est à rapporter à *L. payeni*. Il en a la forme générale, l'appareil apical excentrique en avant, aux pores génitaux très écartés latéralement, et les carènes IA saillantes (sauf dans 5).

Répartition : Algérie (Sahara excepté), Tunisie, Libye (Tripolitaine, d'après Airaghi, 1939), Campanien et Maastrichtien. Au Sahara algérien, *L. payeni* a été cité au Tademaït, au Tinrhert et au Tanezrouft, mais sa présence ne semble certaine qu'au Tinrhert (dans un niveau d'âge approximatif Santonien-Campanien).

Remarques sur les Échinides

Les quatre espèces déterminées, dont l'une représente une forme nouvelle, sont toutes signalées pour la première fois au Sénégal. Elles constituent une faune entièrement différente de celles, très peu abondantes, qui y étaient connues jusqu'alors (Tessier, 1952). Celles-ci comprennent : dans le Crétacé supérieur indéterminé, *Stegaster mairei* Lambert et *Physaster inflatus* (Desor) ; dans le Maastrichtien de Popenguine (dans le dôme de Ndiass), *Tessieria senegalensis* Collignon. Il faut leur ajouter *Nucleopygus atlanticus* (Kossmat), trouvé en sondage à Tiénaba, dans le Sénonien inférieur (Roman, 1970). Il n'y a aucun rapport entre ces espèces et celles de Paki. La faune du Paléocène est plus riche. On trouve, à la base du Paléocène de Popenguine (autrefois attribué au Danien), *Baueria tessieri* Roman

et peut-être *Linthia collignoni* Tessier. *B. tessieri* est un Arbaciidé, comme *Codiopsis* cf. *stephensoni*, mais les deux formes sont complètement différentes. Le reste du Paléocène a livré une faune assez riche et diversifiée (Chabaglian, 1960 ; Roman & Gorodiski, 1959), mais sans affinité particulière avec celle du Crétacé supérieur de Paki. Une faune un peu plus récente existe en Côte d'Ivoire (Tessier & Roman, 1974) ; elle comporte un *Echinogalerus* (pl. II, 4-7) qui pourrait être issu de celui de Paki.

En dehors du Sénégal et de la Côte d'Ivoire, les quatre espèces de Paki dénotent des rapports avec le sud des États-Unis (*Codiopsis* cf. *stephensoni*), avec l'Afrique du Nord, de l'Algérie à la Libye (*Hemiaster messai*, *Linthia payeni*) et avec le Sahara algérien (Tanezrouft ; *H. messai* ; Tinrhert ; *L. payeni*). La présence d'un grand Régulier du genre *Codiopsis*, d'affinité américaine, et d'un Holectypoïde attribué à *Echinogalerus*, donne toutefois à cette faune un cachet très particulier ; en effet, ces deux genres n'avaient encore jamais été trouvés au Crétacé dans les bassins côtiers ouest-africains, sauf au Maroc occidental, où *Codiopsis* a été signalé (Petitot, 1961).

Ces espèces indiquent un âge compris entre le Santonien et le Maastrichtien ; toutefois, la présence de *L. payeni* dans le Santonien n'est pas absolument certaine. Elles appartiennent à des genres qui n'existent plus actuellement, sauf *Hemiaster*, mais ce dernier, aujourd'hui peu répandu, semble avoir un mode de vie assez différent de celui qu'il avait au Crétacé supérieur, époque de sa plus grande abondance. Cependant, *Codiopsis* est assez voisin d'un autre Arbaciidé encore vivant, *Coelopleurus*, dont il est peut-être l'ancêtre. L'*Echinogalerus* (?) n. sp. est à rapprocher de l'Holectypoïde (sous-ordre Echinoneina) *Echinoneus* actuel. Le genre *Linthia*, dont la survivance est douteuse, appartient à la famille des Schizastéridés ; celle-ci, qui a de nombreux représentants à l'époque actuelle, ne peut guère fournir de données écologiques précises.

Echinoneus est de caractère tropical ; *Coelopleurus* est relativement indifférent au climat, de même qu'*Hemiaster*, ces deux genres étant relativement profonds : *Coelopleurus* se rencontre de 55 à plus de 2 000 m de profondeur, *Hemiaster* de 140 à environ 4 000 m. En revanche, *Echinoneus* est principalement littoral : on peut trouver *E. cyclostomus* Leske à moins de 1 m de profondeur, mais il a été signalé jusqu'à 120 m (Rose, 1978 : 300). Cette espèce indique plutôt la proximité de récifs coralliens ou algaires que celle de la terre ferme (Rose, *ibid.*). *Coelopleurus*, oursin Régulier, vit sur des fonds sableux ou des fonds durs ; les piquants primaires de sa face orale, particulièrement développés (il n'y en a pas dans les IA, à la face apicale), empêcheraient l'animal d'être roulé par le courant ; chez *Codiopsis*, les piquants sont encore beaucoup moins développés à la face apicale, où il n'y a pas du tout de piquants primaires. Les autres Échinides de Paki avaient un mode de vie fouisseur et nécessitaient donc un fond meuble. *Echinogalerus* (?) n. sp. devait, comme *Echinoneus cyclostomus*, rechercher un sédiment grossier, bioclastique, bien classé, dans lequel il s'enfonçait à quelques centimètres sous la surface ; il recherchait peut-être aussi, comme *E. cyclostomus*, un micro-environnement abrité, de basse énergie, au milieu de la zone sublittorale de haute énergie. Selon E. P. F. Rose (1978 : 303), l'obliquité du péristome d'*Echinoneus* — et cela serait aussi le cas chez *Echinogalerus* (?) n. sp. — pourrait être en rapport avec l'ingestion de particules du substrat relativement grandes, lamellaires, comme il s'en trouve dans les sédiments organogènes grossiers. *Hemiaster* vivait sans doute enfoui plus profondément dans le sédiment.

Les données qui précèdent ne sont pas toutes parfaitement compatibles entre elles.

Elles ne fournissent donc pas, à elles seules, des conclusions très nettes sur le milieu de vie des oursins en question (elles seront reprises dans les conclusions). Elles ne paraissent cependant pas en désaccord avec l'hypothèse d'un sédiment de basse énergie de la zone infra-littorale, soutenue par J.-R. Lappartient & J. Monteillet (1982).

CONCLUSIONS

La faune d'Ammonites, d'Inocérames et d'Échinides de Paki est d'âge vraisemblablement Campanien supérieur, comme le montre la présence d'un représentant du genre *Libycoceras*. Les autres espèces appuient cette datation ou bien ne sont pas en désaccord avec elle. Cette faune est entièrement nouvelle pour le Sénégal ; en effet, elle comprend des espèces dont aucune n'avait encore été signalée dans cette région. Deux espèces nouvelles sont créées : *Inoceramus* (*Trochoceramus*) *senegalensis* Sornay et *Echinogalerus* (?) n. sp. Roman, laissé en nomenclature ouverte en raison de son état de conservation insuffisant.

Les affinités de cette faune sont multiples. Les plus grands rapports sont avec la moitié nord de l'Afrique : avec l'Algérie, la Tunisie, la Libye (notamment l'extrême Sud-Est), le Sahara algérien (Tanezrouft et Tinrhert). Les Inocérames indiquent en outre des relations avec l'Europe (sud-ouest de la France en particulier) et avec la moitié sud de l'Afrique (Angola), mais leurs relations les plus évidentes sont avec l'est de l'Afrique du Nord. Enfin, *Diplomoceras* (?) sp. rappelle une forme de la péninsule Antarctique, *Codiopsis* cf. *stephensoni* une espèce du sud-est des États-Unis.

Parmi les taxons étudiés, certains, du fait de leur découverte au Sénégal, voient leur répartition géographique sensiblement augmentée. Ainsi, le genre *Diplomoceras* serait signalé pour la première fois dans la moitié nord de l'Afrique. Il en est de même pour *Codiopsis* dans les bassins côtiers ouest-africains (Maroc excepté). *Inoceramus* (*Trochoceramus*) *senegalensis* n. sp. s'étend à la Tunisie, où il en existe une race géographique, et on observe des formes affines de cette espèce dans une zone allant du Sénégal à la Syrie ; au nord et au sud de cette zone, le sous-genre *Trochoceramus* est représenté par des formes du groupe de *I.* (*Tr.*) *nahorianensis*. Il est aussi représenté en Libye par une forme jusqu'ici spéciale à ce pays, *I.* (*Tr.*) *radiosus* Quaas.

Une analyse paléoécologique, tentée à partir des Échinides, conduit à envisager un climat subtropical, un sédiment assez grossier, mais de relativement basse énergie et une profondeur assez importante (elle pourrait être de l'ordre d'une cinquantaine de mètres). Ceci est en accord avec l'idée d'un dépôt de la zone infralittorale, soutenue par J.-R. Lappartient & J. Monteillet.

Remerciements

Nous devons remercier tout particulièrement I. M. Brito, de Rio de Janeiro, qui nous a fourni des photographies et un moulage de *Codiopsis castroi*, ainsi que divers autres

documents ; J.-R. Lappartient, de Marseille, qui nous a communiqué, avant sa parution, le texte de sa note avec J. Monteillet, ainsi que des renseignements précieux ; Latyr N'Diaye, alors à Lille, qui nous a envoyé deux Échinides de Paki d'un très grand intérêt.

OUVRAGES CITÉS

Airaghi, C., 1939. — Echinidi cretacei e terziari della regione di Orfella e della Sirtica. *Annali Mus. libico Stor. nat.*, Tripoli d'Africa, **1** : 253-286, pl. 10-12.

Amard, B., M. Collignon & J. Roman, 1982. — Étude stratigraphique et paléontologique du Crétacé supérieur et Paléocène du Tinrhert-ouest et Tademaït-est (Sahara algérien). *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, Mém. hors-sér., Lyon (sous presse).

Antunes, M. T., & J. Sornay, 1969. — Contribution à la connaissance du Crétacé supérieur de Barra do Dande. *Revta Fac. Ciênc. Univ. Lisb.*, Lisboa, Sér. C, **16** (1) : 65-104, 1 fig., 1 tabl., 10 pl.

Beurlen, K., 1966. — Novos equinoides no Cretaceo do Nordeste do Brasil. *Anais Acad. bras. Cienc.*, Rio de Janeiro, **38** (3-4) : 455-464, 4 fig., 1 pl.

Beyrich, E., 1852. — Bericht über die von Overweg auf der Reise von Tripoli nach Murzuk und von Murzuk nach Ghat gefunden Versteinerungen. *Monatsb. Verhandl. Ges. Erdk. Berlin*, Berlin, **9** : 154-168, 3 pl.

Böhm, J., 1909. — Ueber *Inoceramus cripsi* auct. *Abh. K. preuss. geol. Landesanst.*, Berlin, **56** : 39-58, pl. 9-14.

Brito, I. M., 1980. — Os Equinoides fosseis do Brasil. I. Os Endocielicos. *Anais Acad. bras. Cienc.*, Rio de Janeiro, **52** (3) : 569-590, 3 fig., 5 pl.

Chabaglian, J., 1960. — Le Paléocène dans l'ouest du Sénégal. Étude paléontologique. *Annls Fac. Sci. Dakar*, Dakar, 1959, **4** : 133-187, 32 fig., 4 pl.

Cooke, C. W., 1953. — American Upper Cretaceous Echinoidea. *Prof. Pap. U.S. geol. Surv.*, Washington, **254**-A : 44 p., 15 pl.

Coquand, H., 1880. — Études supplémentaires de Paléontologie algérienne. *Bull. Acad. Hippone*, Bône, **15** : 451 p.

Cotteau, G., A. Peron & V. Gauthier, 1881. — Échinides fossiles de l'Algérie. Terrains secondaires. T. II, 7e et 8e fasc. G. Masson, Paris : 198 p., 20 pl.

Desor, E., 1858. — Synopsis des Échinides fossiles. Ch. Reinwald, Paris : LXVIII + 490 p., atlas (44 pl.).

Endel'man, L. G., 1980. — Révision de l'ordre Holectypoida (Echinoidea) (en russe). *Bjull. moskov. Obshchest. Ispyt. Prir., otd. geol.*, Moscou, **55** (1) : 93-103, 2 fig., 2 tabl., 1 pl.

Kilian, W., & P. Reboul, 1909. — Les Céphalopodes néocrétacés des Iles Seymour et Snow-Hill. *Wiss. Ergebn. schwed. Südpolarexped.*, (1901-1903), Stockholm, **3** (6) : 78 p., 20 pl.

Kocjubinskij, S. P., *et al.*, 1968. — Stratigraphie et faune des affleurements crétacés de l'Ukraine occidentale (en ukrainien). Naukova, Dumka, Kiev : 272 p., 49 fig., 50 pl.

Lambert, J., 1898. — Note sur les Échinides de la Craie de Ciply. *Bull. Soc. belge Géol. Paléont. Hydrol.*, Bruxelles, sér. 2, 1897, **11** : 54 p., 6 fig., pl. 2-5.

— 1931-1932. — Étude sur les Échinides fossiles du Nord de l'Afrique. *Mém. Soc. géol. Fr.*, Paris, n. s., **7** (16) : 228 p., 13 fig., 8 pl.

— 1937. — Échinides fossiles du Maroc. *Notes Mém. Serv. Mines Carte géol. Maroc*, Rabat, **39** : 109 p., 4 fig., 4 pl.

Lappartient, J.-R., & J. Monteillet, 1982. — Le gisement fossilifère de Paki (Sénégal). *Bull. Inst. fond. Afr. noire*, Dakar (sous presse).

Maury, C. J., 1930. — O Cretaceo da Parahyba do Norte. Serv. Geol. Min. Brasil, Rio de Janeiro, Monogr., **8** : 305 p., atlas (35 pl.).

Monteillet, J., & J.-R. Lappartient, 1981. — Fruits et graines du Crétacé supérieur des carrières de Paki (Sénégal), *Revue Palaeob. Palyn.*, Amsterdam, **34** (3-4) : 331-344, 10 fig.

Moore, R. C., 1966. — Treatise on Invertebrate Paleontology, Part U, Echinodermata 3. Vol. 1 et 2. The geol. Soc. of America, New York : 695 p., 534 fig.

Petitot, M.-L., 1961. — Contribution à l'étude des échinides fossiles du Maroc (Jurassique et Crétacé). *Notes Mém. Serv. géol. Maroc*, Rabat, 1959, **146** : 183 p., 6 fig., atlas (17 pl., 20 tabl.).

Reiss, Z., 1962. — Stratigraphy of phosphate deposits in Israel. *Israel geol. Surv. Bull.*, Jerusalem, **34** : 1-23, 3 dpl.

Roman, J., 1969. — *Duperieria nov. gen.* (Échinide Holectypoïde, Échinonéidé) dans le Lutétien de Biarritz (Basses-Pyrénées). *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, 7e sér., 1968, **10** (1) : 120-125, pl. 5.

— 1970. — Échinides crétacés et éocènes du Bas Congo et de Cabinda (Côte occidentale d'Afrique). *Annls Mus. r. Afr. cent., Sér.* 8 vo. Tervuren, Sci. géol., **68** : 67-76.

Roman, J., & A. Gorodiski, 1959. — Échinides éocènes du Sénégal. *Notes Serv. Géol. Prospect. min.*, Dakar, **3** : 91 p., 4 pl.

Rose, E. P. F., 1978. — Some observations of the Recent holectypoid echinoid *Echinoneus cyclostomus* and their palaeoecological significance. *Thalassia jugosl.*. Zagreb, 1976, **12** (1) : 299-306.

Seitz, O., 1967. — Die Inoceramen des Santon und Unter Campan von Nordwestdeutschland. III. *Beih. geol. Jb.*, Hannover, **75** : 171 p., 27 fig., 27 pl.

— 1970. — Ueber einige Inoceramen aus der Oberen Kreide. *Id.*, **86** : 171 p., 12 fig., 27 pl.

Smiser, J. S., 1935. — A Monograph of the Belgian cretaceous Echinoids. *Mém. Mus. r. Hist. nat. Belg.*, Bruxelles, **68** : 98 p., 9 pl.

Sornay, J., & M. Bilotte, 1978. — Faunes d'Inocérames du Campanien et du Maastrichtien des Pyrénées. *Annls Paléont.* (*Invert.*), Paris, **64** (1) : 27-45, 4 fig., 6 pl.

Tessier, F., 1952. — Contributions à la stratigraphie et à la paléontologie de la partie ouest du Sénégal (Crétacé et Tertiaire). *Bull. Dir. Mines Géol. Afr. occid. fr.*, Dakar, **14** (1 et 2) : 573 p., 75 fig., 44 pl.

— 1954. — Gisement fossilifère nouveau du Crétacé supérieur du Sénégal. *C. r. somm. Séanc. Soc. géol. Fr.*, Paris, **1-2** : 25-27.

Tessier, F., & J. Roman, 1974. — Études paléontologiques et géologiques sur les falaises de Fresco (Côte d'Ivoire). 6. Échinides. *Annls Fac. Sci. Dakar*, Dakar, 1973, **26** : 139-172, 14 fig., 3 pl.

PLANCHE I

1. — *Inoceramus* (*Trochoceramus*) *senegalensis* Sornay n. sp. Holotype, n° 1982-1 L 76343 (× 1).
2-4. — *Hemiaster messai* Peron & Gauthier, n° 76339 1-4 (× 1) : 2, face apicale ; 3, face orale ; 4, profil gauche.
5-7. — *Linthia payeni* (Coquand), n° L 76339 — 5 (× 1) : 5, face apicale ; 6, face orale ; 7, profil droit.

Les spécimens figurés proviennent du Crétacé supérieur de Paki (Sénégal). Ils sont déposés à l'Institut de Paléontologie du Muséum (Paris), sous le n° 1982-1. Clichés D. Serrette (Institut de Paléontologie du Muséum), sauf fig. 1.

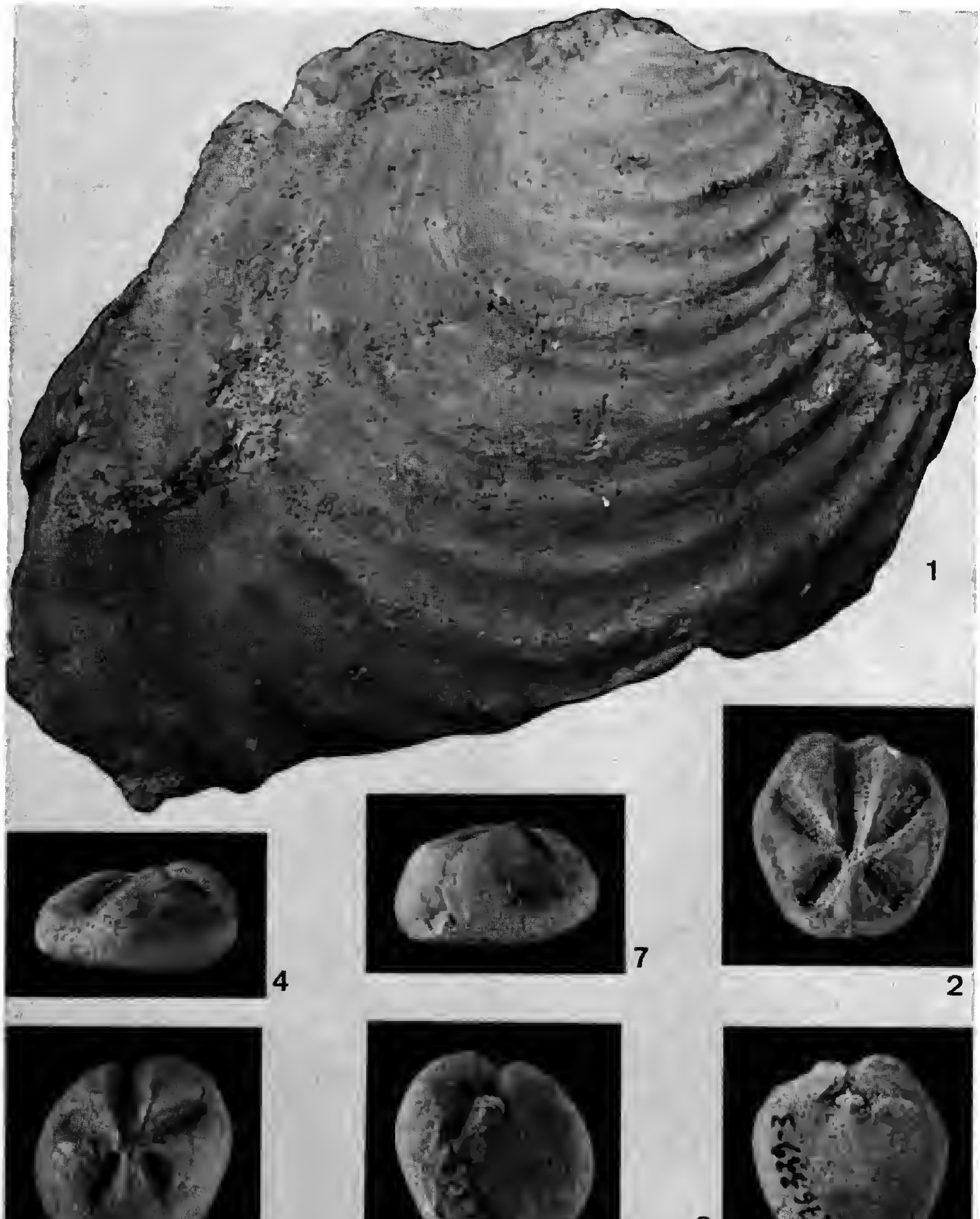


PLANCHE I

PLANCHE II

1. — *Inoceramus* (*Trochoceramus* ?) aff. *pseudoregularis dandensis* Sornay, nº L 76283 (× 0,8).
2. — *Inoceramus* (*Endocostea*) sp. ex gr. *flexibalticus* Seitz, nº L 76284 (× 0,8).
3. — *Diplomoceras* (?) sp. vel *Polyptychoceras* (?) sp., nº 1982-1A (× 0,8).

4-7. — *Echinogalerus raingeardi* Tessier & Roman, nº 1972-9B (× 1) ; Paléocène de Fresco (Côte d'Ivoire), reproduit ici pour comparaison avec *Echinogalerus* (?) n. sp. : 4, face apicale ; 5, face orale ; 6, profil gauche ; 7, face postérieure.

Sauf exception, les spécimens figurés proviennent du Crétacé supérieur de Paki (Sénégal). Ils sont déposés à l'Institut de Paléontologie du Muséum (Paris), sous le nº 1982-1. Clichés D. Serrette (Institut de Paléontologie du Muséum).



PLANCHE II

PLANCHE III

1. — *Libycoceras* sp., n° L 76281 (× 0,8). Dessin J. Sornay.
2-4. — *Codiopsis* cf. *stephensoni* Cooke, n° 1982-1B (× 1) : 2, face apicale ; 3, face orale ; 4, profil gauche.
5-7. — *Echinogalerus* (?) n. sp. Roman, n° L 76370 (× 1,5) : 5, face apicale ; 6, face orale ; 7, profil droit.

Les spécimens figurés proviennent du Crétacé supérieur de Paki (Sénégal). Ils sont déposés à l'Institut de Paléontologie du Muséum (Paris), sous le n° 1982-1. Clichés D. Serrette (Institut de Paléontologie du Muséum).

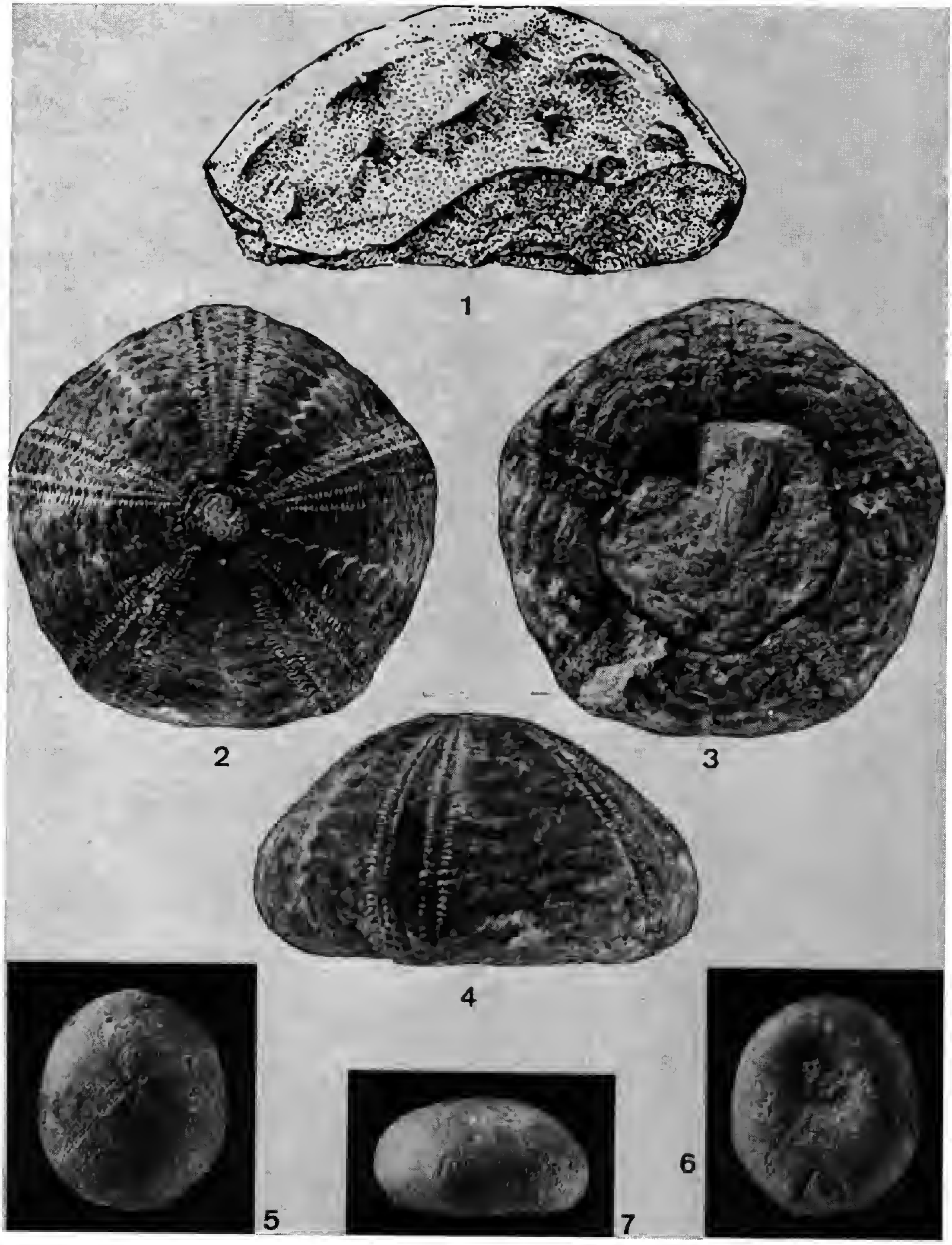


PLANCHE III

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., **5**, 1983,
section C, n° 1 : 25-32.

Le toit crânien de *Peltostega* cf. *erici* Wiman, un Rhytidosteidae (Temnospondyli) du Scythien du Spitsberg

par Philippe JANVIER

Résumé. — La partie antérieure du toit crânien de *Peltostega* cf. *erici* Wiman est décrite pour la première fois et confirme l'attribution du genre *Peltostega* aux Rhytidosteidae. Par les proportions des nasaux et des frontaux, elle ressemble à celle de *Rhytidosteus capensis*, mais la forme des prémaxillaires et maxillaires demeure inconnue.

Abstract. — The anterior part of the skull-roof of *Peltostega* cf. *erici* Wiman is described for the first time, and confirms the position of the genus *Peltostega* within the Rhytidosteidae. It resembles that of *Rhytidosteus capensis*, but the shape of the premaxillary and maxillary still remains unknown.

Ph. JANVIER, *ERA 963 du CNRS, Laboratoire de Paléontologie des Vertébrés, Université Paris VI, 4, place Jussieu, 75230 Paris Cedex 05, France.*

INTRODUCTION

Peltostega erici a été décrit par WIMAN (1916 : 210-216) sur la partie postérieure d'un grand crâne découvert par l'expédition de E. STENSIÖ en 1915 au Spitsberg. Plus tard, d'autres spécimens ont été récoltés au cours de l'expédition de P. THORSLUND (1929) et furent décrits par NILSSON (1946) qui créa également une nouvelle espèce, *P. wimani*. Cependant, la partie antérieure du toit crânien de ces deux espèces demeurait inconnue, bien que WIMAN (1916, fig. 1) l'ait reconstituée, plus ou moins à partir de celle de certains Trematosauridae du Spitsberg, notamment *Lyrocephalus*. NILSSON (1946) n'a pas conservé cette reconstitution et s'est limité à la description des structures réellement observées.

L'expédition française au Spitsberg (mission CNRS-Muséum) de 1969 a rapporté plusieurs fragments de toit crânien attribuables au genre *Peltostega* tant par les proportions des os dermiques que par l'aspect de leur ornementation. Les dimensions de ces pièces sont de l'ordre de celles des pièces étudiées par WIMAN et NILSSON. Deux de ces fragments (SVT 350 a et b) appartiennent à un même individu, bien qu'ils n'aient pas de surface de contact commune. Ils ont été trouvés l'un près de l'autre, sur une pente du mont Milne Edwards, et proviennent sans aucun doute d'un même nodule fragmenté par le gel. Les autres morceaux de ce nodule n'ont malheureusement pas été retrouvés. Un autre spécimen (SVT 351), montrant la partie postérieure gauche d'un toit crânien, provient également du mont Milne Edwards. Enfin, deux prémaxillaires en connexion (SVT 352) et provenant du mont Ibsen sont attribués sous toute réserve à *Peltostega*, principalement en raison de leurs dimensions.

Ces spécimens, comme ceux décrits par Wiman et Nilsson, proviennent du « Fish Horizon » (*Posidonomya*-Beds), et sont actuellement attribués au Scythien et peut-être plus précisément au Smithien (Sticky Keep Member of the Kongressfjellet Formation ; Cox & Smith, 1973). Ce matériel appartient à la collection de l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle de Paris.

Description

1. **Spécimen SVT 350** (fig. 1)

Ces deux morceaux d'un même nodule portent chacun l'empreinte d'une partie de la surface externe du toit crânien. Un moulage en élastomère en a été obtenu après avoir enlevé le peu d'os restant encore. L'un porte une partie de la région postérieure droite du toit crânien (SVT 350 a, fig. 1), l'autre une partie de la région préorbitaire (SVT 350 b, fig. 1), jusqu'alors inconnue chez ce genre. Bien qu'il n'y ait pas de surface de contact commune à ces deux pièces, on peut retrouver leur position relative grâce au matériel décrit par Nilsson (1946, fig. 1, 11), qui montre la position de la suture fronto-pariétale et des orbites.

Par les proportions relatives du pariétal, du supratemporal et du postfrontal, ainsi que par le degré de réduction des sillons sensoriels du système latéral, ce spécimen ressemble fortement à *Peltostega erici* (Wiman, 1916, fig. 1 ; Nilsson, 1946, fig. 1), bien que son ornementation soit légèrement plus fine que chez le type de cette espèce et semble intermédiaire entre celle-ci et celle de *P. wimani* (Nilsson, 1946, fig. 11), qui est nettement plus fine.

Le sillon sensoriel otique (*ot.*, fig. 1) est bien net et passe par le centre du supratemporal et du postorbitaire, tandis que le sillon postorbitaire n'est qu'indiqué par une dépression dans l'ornementation (*porb.*, fig. 1), passant par le postorbitaire et se terminant médialement près du point triple de la suture entre postfrontal, postorbitaire et supratemporal, exactement comme chez *P. erici*. Le foramen pinéal est grand et s'ouvre dans le fond d'une dépression triangulaire, comme il a été décrit par Wiman (1916, fig. 1).

La région préorbitaire, bien qu'également incomplète, montre cependant une petite portion du bord orbitaire (*orb.*, fig. 1) et une partie des deux narines externes (*nae.*, fig. 1), ce qui permet de la raccorder à l'un des spécimens figurés par Nilsson (1946, fig. 1) et qui comprend aussi une partie de l'orbite. On peut ainsi tenter une reconstitution la plus complète possible du toit crânien (fig. 2) laquelle, bien que composite, donne une idée assez fiable de son aspect général. On distingue une partie du sillon supra-orbitaire (*sorb.*, fig. 1), qui passe du postfrontal au préfrontal en longeant la suture entre ces derniers et le frontal. On retrouve la partie antérieure de ce sillon sur le nasal, où il longe postéro-médialement les narines externes. Le préfrontal est grand et s'étend vers l'avant bien au-delà du niveau de la suture naso-frontale, mais sa limite antérieure demeure inconnue. Les nasaux sont très étendus, mais ils semblent s'être légèrement séparés sur le spécimen. Le bord postéro-médial de la narine externe droite est bien délimité et indique que les narines étaient assez grandes. Enfin, la partie médiale des frontaux est dépourvue d'ornementation, mais il semble que cela soit dû à une érosion *post-mortem* de l'os.

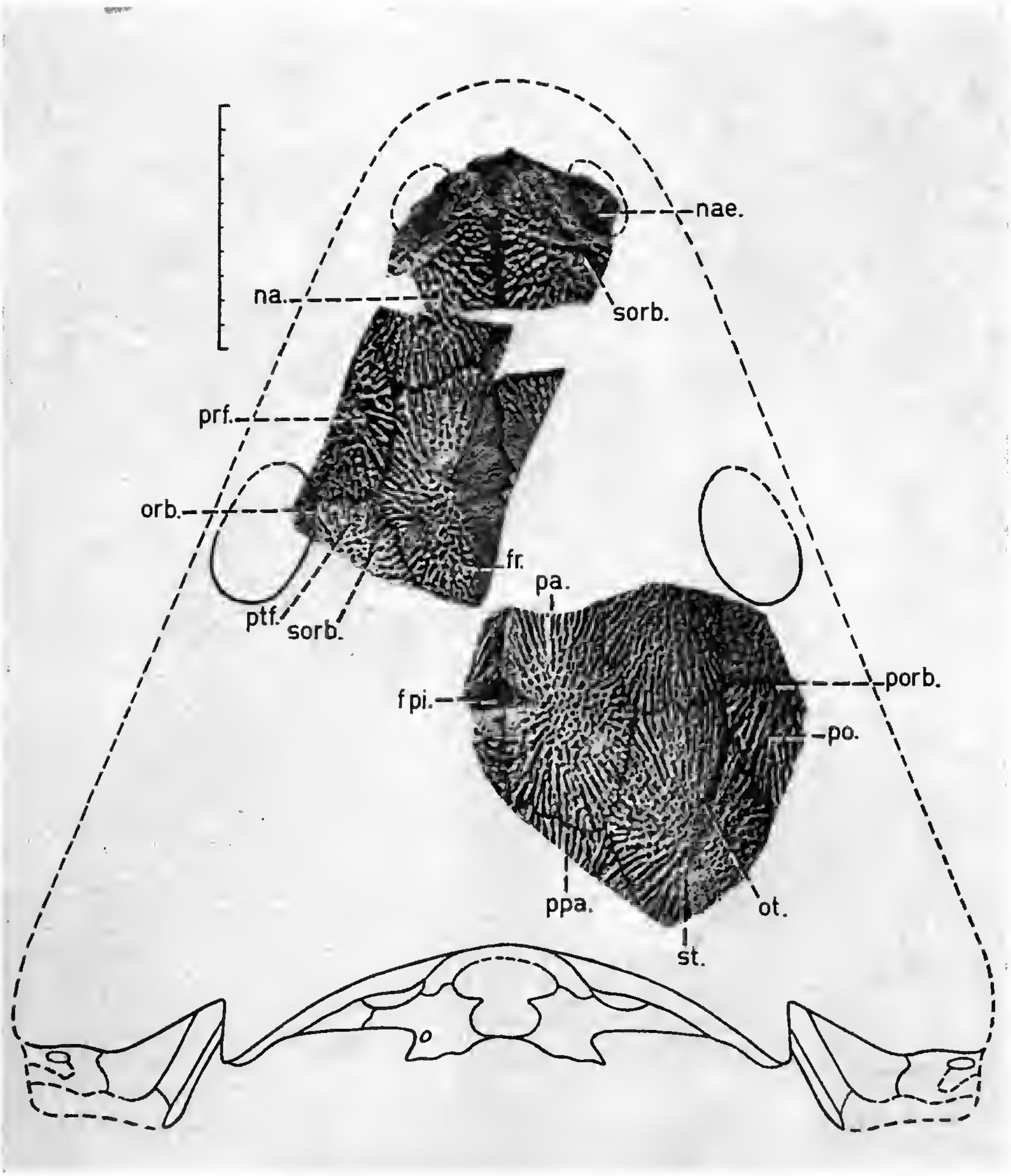


Fig. 1. — *Peltostega* cf. *erici* Wiman, Trias inférieur, mont Milne-Edwards, Spitsberg. Moulage en élastomère de l'empreinte naturelle de deux fragments d'un même toit crânien (MNHN, SVT 350a et SVT 350b), vue dorsale. Le contour du crâne est principalement fondé sur Nilsson (1946, fig. 1), légèrement modifié quant à la position des orbites. (Échelle : 10 cm.)

na., nasal ; *nae.*, narine externe ; *fpi.*, foramen pinéal ; *fr.*, frontal ; *orb.*, orbite ; *ot.*, sillon otique ; *pa.*, pariétal ; *po.*, postorbitaire ; *porb* ; sillon postorbitaire ; *ppa.*, postpariétal ; *prf.*, préfrontal ; *ptf.*, postfrontal ; *sorb.*, sillon supra-orbitaire ; *st.*, supratemporal.

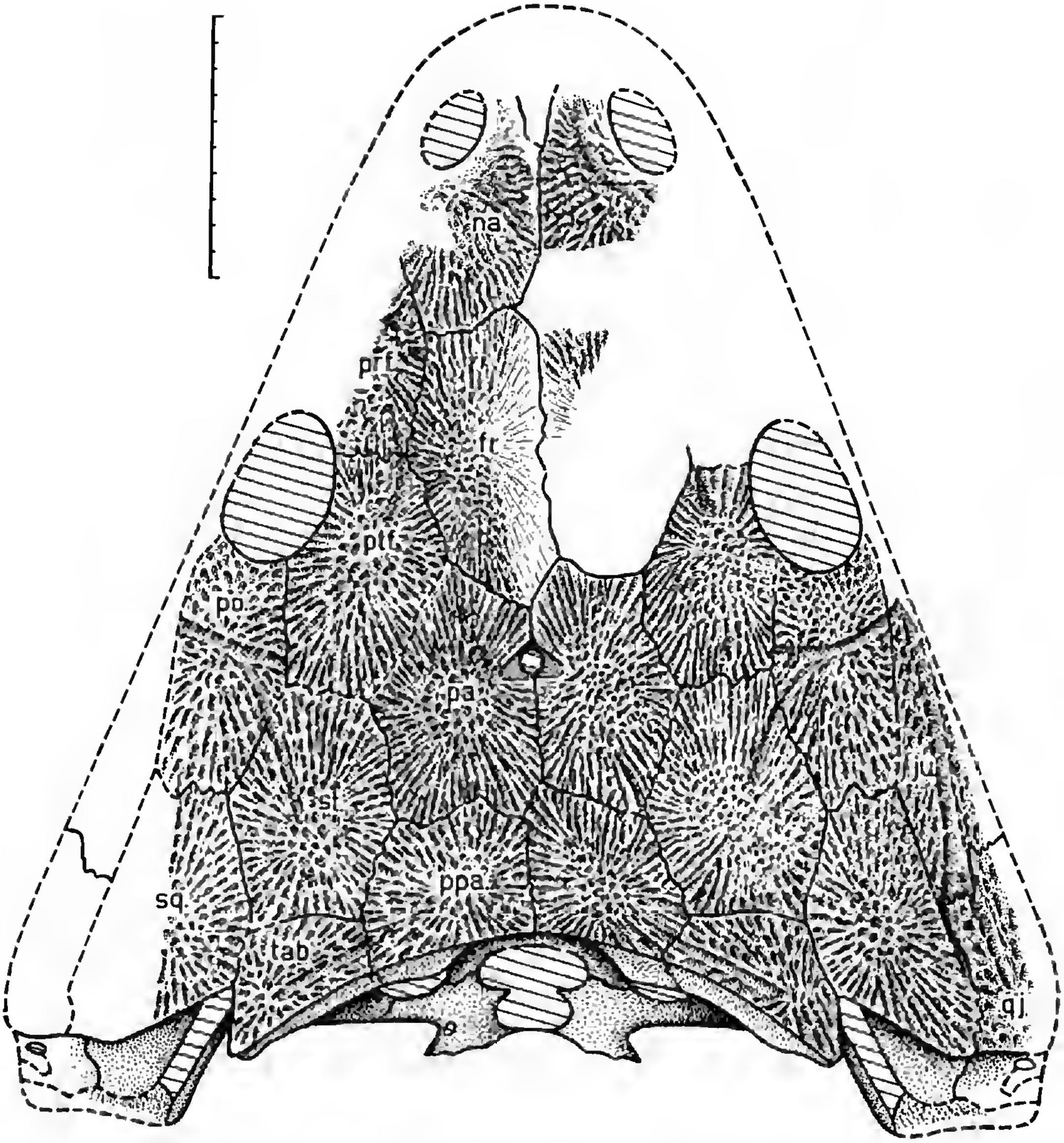


Fig. 2. — *Peltostega* cf. *erici* Wiman, Trias inférieur, Spitsberg. Essai de reconstitution du toit crânien, obtenue par combinaison de la reconstitution de Nilsson (1946, fig. 1, fondée sur P.I.U. 24) et de SVT 350a et b. Vue dorsale. (Échelle : 1 cm.)

Mêmes abréviations que pour la figure 1, avec en plus : *ju.*, jugal ; *qj.*, quadratojugal ; *sq.*, squamosal ; *tab.*, tabulaire.

2. **Spécimen SVT 351** (fig. 3 A)

Cette partie de la région postorbitaire gauche du toit crânien montre le bord orbitaire (*orb.*, fig. 3 A). L'ornementation est nettement différente de celle du spécimen précédent et consiste en rides radiaires bien distinctes. Quelques cupules sont toutefois visibles dans la partie centrale des os dermiques. Ce type d'ornementation est plus proche de celui de *Peltostega erici* que de celui de *P. wimani*. Le spécimen étant plus petit que le précédent, il pourrait s'agir d'un individu plus jeune, d'où cette différence dans le type d'ornementation des os dermiques. Les sillons sensoriels sont beaucoup mieux marqués que sur le spécimen précédent, en particulier le sillon postorbitaire (*porb.*, fig. 3 A) que l'on peut suivre jusque sur le jugal.

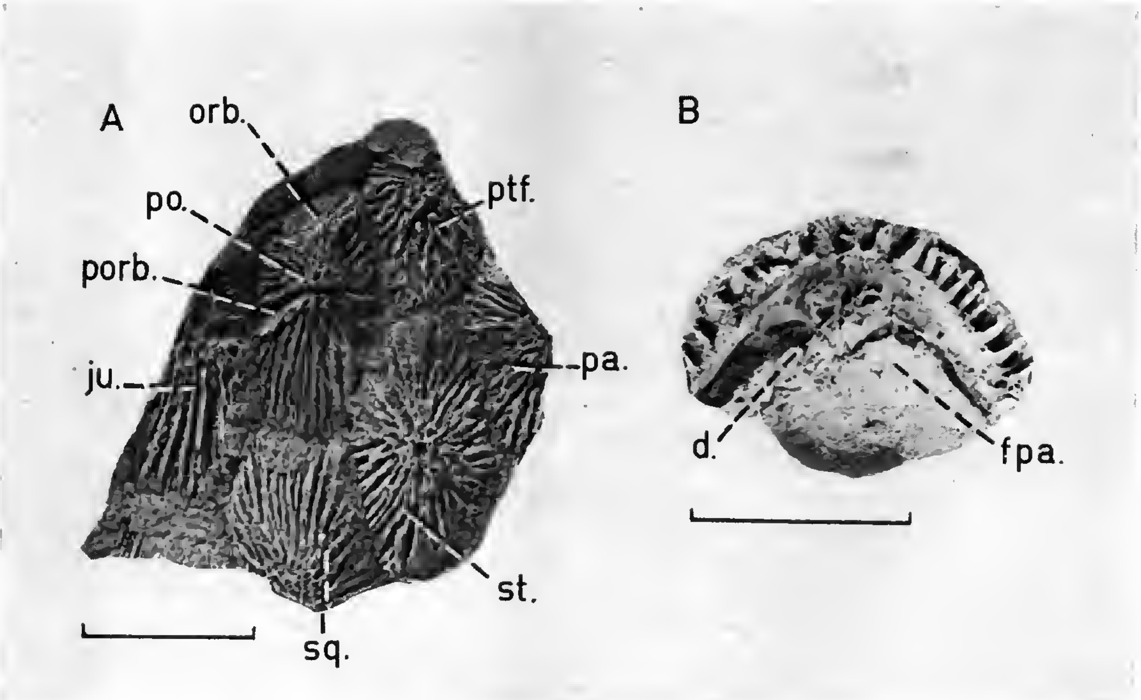


Fig. 3. — A, *Peltostega* sp., Trias inférieur, mont Milne-Edwards, Spitsberg. Moulage en élastomère de l'empreinte naturelle de la partie postorbitaire gauche du toit crânien (MNHN, SVT 351). B, ? *Peltostega* sp., Trias inférieur, mont Ibsen, Spitsberg. Moulage en élastomère de l'empreinte naturelle de deux prémaxillaires en connexion (MNHN, SVT 352), vue ventrale. (Échelle : 5 cm. Mêmes abréviations que pour les figures 1 et 2.)

3. **Spécimen SVT 352** (fig. 3 B)

Un ensemble de deux prémaxillaires en connexion, mais isolé du reste du crâne, est attribué avec doute à *Peltostega* en raison de ses dimensions et de son rayon de courbure.

Cette pièce semble trop grande pour pouvoir être attribuée à l'un des Trematosauria du Spitsberg. Elle pourrait toutefois s'adapter au spécimen décrit par Nilsson (1942, fig. 1) sous le nom de *Sassenisaurus spitsbergensis*, mais dont l'appartenance aux Capitosauroidea est encore douteuse. La forme du bord antérieur de la fosse palatine antérieure (*fpa.*, fig. 3 B) évoque cependant plutôt les Capitosauridae, celle des Rhytidosteidae étant apparemment dépourvue de processus médian (Cosgriff & Zawiskie, 1979, fig. 10 b). Une petite dépression est bien visible dans la partie antérieure de ce processus médian (*d.*, fig. 3 B). Elle est connue également chez les Capitosauridae (Heyler, 1976, pl. 2) et les Trematosauridae (Lehman, 1979, pl. 1 B).

Discussion

Wiman n'a pas attribué *Peltostega* à un groupe de rang supérieur particulier, mais Woodward (*in* Zittel, 1932 : 216) l'a placé avec doute dans les Metoposauridae, tandis que Kuhn (1933 : 75) l'a considéré comme un Trematosauridae. Säve-Söderbergh (1935 : 84-88) a placé *Peltostega* dans une famille propre, les Peltostegidae, incluse dans la superfamille des Trematosauroidea avec les Trematosauridae. Comme l'a fait remarquer Nilsson (1946 : 34), Säve-Söderbergh a été probablement induit en erreur par la reconstitution du museau de *Peltostega* publiée par Wiman, et fondée sur le toit crânien de *Lyrocephalus*.

Nilsson (1946 : 47-48) a créé la super-famille des Peltostegoidea, qu'il a placée avec les Trematosauroidea et les Capitosauroidea dans l'ordre des Capitosauroidei. Cosgriff (1965, 1974) a donné d'excellentes raisons de considérer *Peltostega* comme étroitement apparenté à *Rhytidosteus* et *Deltasaurus*, et d'inclure ces trois genres dans la famille des Rhytidosteidae [Lehman (1979 : 11) a contesté la validité de ce taxon, lui préférant le nom de Peltostegidae, mais Rhytidosteidae (Huene, 1920) a priorité devant Peltostegidae (Säve-Söderbergh, 1935)]. Plus récemment, Cosgriff & Zawiskie (1979) ont fait une révision des Rhytidosteidae, où ils ajoutent une nouvelle forme : *Pneumatostega*. Bien que quelques-uns des caractères utilisés par Cosgriff (1965) pour distinguer les Rhytidosteidae des Trematosauridae soient vraisemblablement plésiomorphes (museau court, pariétaux courts, corps du parasphénoïde court, etc.), d'autres, tels que le large processus cultriforme ou la perte du lacrymal, sont incontestablement des autapomorphies du groupe. Les nouvelles définitions des Rhytidosteoidea et des Rhytidosteidae données par Cosgriff & Zawiskie (1979) sont satisfaisantes, mais il serait maintenant nécessaire de connaître le groupe-frère des Rhytidosteoidea, de façon à pouvoir mieux définir la polarité des caractères à l'intérieur de cette super-famille et, surtout, de mieux asseoir la monophylie des deux familles qui la composent : les Rhytidosteidae et les Indobrachyopidae. Ces derniers posent un problème par la présence d'un lacrymal chez les *Indobrachyops panchetensis* v. Huene & Sahni. Le « cladogramme » proposé par ces auteurs (Cosgriff & Zawiskie, fig. 12) constitue déjà une bonne base de discussion, mais on peut regretter que les dichotomies n'aient pas été associées à des listes de synapomorphies. Le mode d'analyse sur lequel il est fondé semble, en outre, plus phénétique que cladistique.

Enfin, Sishkin (1980) a noté trois ressemblances entre *Luzocephalus* et *Peltostega* (absence de crête oblique sur les ptérygoïdes, présence d'une fissure ptérygo-squamosale

ininterrompue, et absence de crêtes musculaires sur le parasphénoïde), mais il critique lui-même la signification de ces ressemblances et, finalement, rejette toute affinité étroite entre les deux taxons, principalement en raison du degré de divergence morphologique de *Peltostega*.

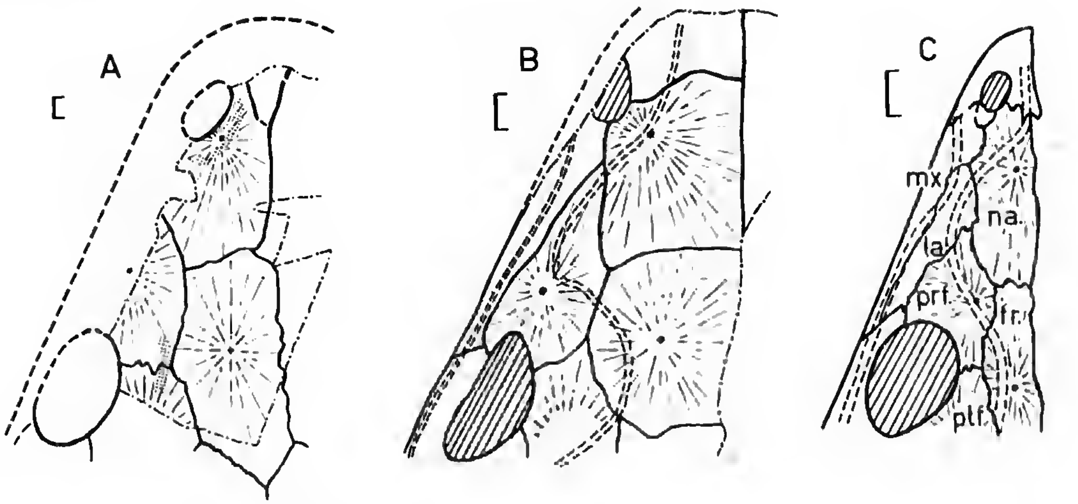


Fig. 4. — Moitié gauche de la région préorbitaire de Rhytidosteidae et Trematosauria : A, *Peltostega* cf. *erici* Wiman, les centres de radiation des os dermiques sont fondés sur SVT 250b ; B, *Deltasaurus kimberleyensis* Cosgriff, centres de radiation fondés sur Cosgriff (1965, fig. 1) ; C, *Lyrocephalus euri* Wiman, centres de radiation fondés sur Säve-Söderbergh (1936, fig. 61). (Échelle : 1 cm.)

fr., frontal ; *la.*, lacrymal ; *mx.*, maxillaire ; *na.*, nasal ; *prf.*, préfrontal ; *ptf.*, postfrontal.

Les nouvelles données fournies par la découverte de la région préorbitaire de *Peltostega erici* confirment en grande partie son attribution aux Rhytidosteidae, notamment par les proportions des frontaux et des nasaux, et par l'écartement des narines externes. Bien qu'il n'y ait toujours pas de preuve directe de l'absence du lacrymal (la partie latérale de SVT 350b manque), on peut toutefois l'inférer à partir de l'étude des centres de radiation des os dermiques. En effet, le centre de radiation du préfrontal devait être situé approximativement comme l'indique la figure 4 A, ce qui suggère que cet os devait être très large, comme chez *Deltasaurus kimberleyensis* Cosgriff (fig. 4 B), par exemple. En revanche, chez les Trematosauridae primitifs, le centre de radiation du préfrontal est situé très près du bord médial de cet os (fig. 4 C). En outre, la longueur du préfrontal est telle que, si un lacrymal existait chez *Peltostega*, il n'aurait qu'un très court contact avec le nasal. Bien que la limite antérieure du museau soit encore inconnue, on peut tenter une estimation de l'indice O/L (distance de l'extrémité antérieure du museau au bord antérieur des orbites/ longueur médiane totale du crâne ; Cosgriff & Zawiskie, 1979 : 23) à partir de la reconstitution donnée ici (fig. 2), soit : 0,44, ce qui est inférieur à la valeur estimée par Cosgriff & Zawiskie (1979 : 16 ; 0,54) et plus voisin de celui de *Deltasaurus pustulatus* (0,45).

Conclusions

La disposition des os dermiques de la division préorbitaire du toit crânien de *Peltostega* cf. *erici* confirme les suppositions de Nilsson quant aux proportions de celui-ci, et confirme également la position du genre *Peltostega* au sein des Rhytidosteidae. Les frontaux et nasaux ont sensiblement les proportions de ceux de *Rhytidosteus capensis*, c'est-à-dire nettement moins larges que ceux de *Deltasaurus*, mais plus larges que ceux de *Pneumatostega*.

Remerciements

Je remercie le Dr. J. W. Cosgriff (Detroit) et D. Goujet (Paris) pour leurs remarques sur le manuscrit de cet article.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Cosgriff, J. W., 1965. — A new genus of Temnospondyli from the Triassic of Western Australia. *J. Proc. R. Soc. West. Aust.*, Perth, **48** (3) : 65-90, 13 fig.

— 1974. — Lower Triassic Temnospondyli of Tasmania. *Bull. geol. Soc. Am.*, Spec. Papers, New York, **149** : 1-134.

Cosgriff, J. W., & J. M. Zawiskie, 1979. — A new species of the Rhytidosteidae from the *Lystrosaurus* zone and a review of the Rhytidosteoidea. *Palaeont. afr.*, Johannesburg, **22** : 1-27.

Cox, C. B., & D. G. Smith, 1973. — A review of the Triassic vertebrate faunas of Svalbard. *Geol. Mag.*, Londres, **110** (5) : 405-418.

Heyler, D., 1976. — Faune du Buntsandstein. VI — Sur un *Stenotosaurus lehmani*, Stégocéphale des Vosges, d'après un crâne de la collection Grauvogel-Gall. *Annls Paléont.*, Paris, **62** (2) : 127-158.

Huene, F. v., 1920. — *Gonioglyptus*, ein alttriassicher Stegocephale aus Indien. *Acta Zool.*, Stockholm, **1** : 533-564.

Kuhn, O., 1933. — Labyrinthodontia. *In* : *Fossilium Catalogus*. Animalia Berlin, **61** : 1-14.

Lehman, J. P., 1979. — Nouveaux Trématosaures de Madagascar : les Stégocéphales malgaches et leur paléoécologie. *Annls Paléont.*, Paris, **65** (1) : 35-53.

Nilsson, T., 1942. — *Sassenisaurus*, a new genus of Eotriassic stegocephalians from Spitsbergen. *Bull. geol. Instn Univ. Upsala*, **30** : 91-102.

— 1946. — On the genus *Peltostega* Wiman, and the classification of the Triassic stegocephalians. *K. svenska VetenskAkad. Handl.*, Stockholm, 3e ser., **25** (3) : 2-55.

Säve-Söderbergh, G., 1935. — On the dermal bones of the head in labyrinthodont stegocephalians and primitive Reptilia, with special reference to Eotriassic stegocephalians from East Greenland. *Meddr Grønland*, Copenhague, **98** (3) : 1-211.

Sishkin, M. A., 1980. — [Une nouvelle famille de Labyrinthodontes : les Luzocephalidae]. *Paleont. Zh.*, Moscou, **1980** (1) : 104-119 (en Russe).

Wiman, C., 1916. — Neue Stegocephalenfunde aus dem Posidonomyaschiefer Spitsbergens. *Bull. Geol. Instn. Univ. Upsala*, **13** : 209-222.

Zittel, K. A. v., 1932. — Textbook of Palaeontology. 2nd English edition, translated by C. R. Eastman and edited by A. S. Woodward. Stegocephali, 2 : 192-225. MacMillan & Co, Londres.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 5e sér., **5**, 1983,
section C, n° 1 : 33-74.

Rongeurs et Lagomorphes du gisement pliocène de Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan

par Sevket Sen

Résumé. — En association avec des restes de grands Mammifères, relativement variés mais peu abondants, une riche faune de petits Mammifères (Rongeurs, Lagomorphes, Insectivores) a été récoltée dans les argiles « poivre et sel » du bassin de Kabul à Pul-e Charkhi. Les Rongeurs sont représentés par trois familles : Muridae (*Mus elegans* n. sp., *Apodemus dominans*, *Parapelomys charkhensis*, *Saidomys afghanensis*, *Saidomys ? transversus* n. sp.), Gerbillidae (*Protatera kabulense* n. sp., *Pseudomeriones abbreviatus*) et Rhizomyidae (*Rhizomyides carbonnelli*). L'unique Lagomorphe du gisement est un Léporidé, *Trischizolagus* cf. *maritsae*. Trois de ces espèces sont donc nouvelles. L'étude de *Pseudomeriones* a permis de préciser la position taxonomique des diverses formes regroupées jusqu'à présent dans *P. abbreviatus*, de distinguer quatre espèces différentes et de définir des stades évolutifs à des fins biochronologiques. *Karnimata afghanensis* Brandy, 1979, est transféré dans le genre *Saidomys*. « *Arvicanthis* » *magnus* Sen *et al.*, 1979, du Pliocène de Hadji Rona, bassin de Sarobi, Afghanistan, rapporté par Brandy *et al.* (1980) à *Saidomys*, est placé dans un genre nouveau : *Dilatomys* n. g. La faune de Pul-e Charkhi indique un âge Ruscinien inférieur, soit Pliocène inférieur. Elle renferme à la fois des éléments propres à l'Afghanistan et d'autres à répartition géographique plus vaste. L'abondance relative des Muridae et des Gerbillidae indique un milieu ouvert de type steppe, savane herbacée avec présence de forêt galerie.

Abstract. — In association with varied but uncommon large mammals, a rich fauna of small mammals (rodents, lagomorphs, insectivores) was recovered from the " salt and pepper " clays of Pul-e Charkhi, Kabul Basin, Afghanistan. The rodents are represented by three families, including three new species : Muridae (*Mus elegans* n. sp., *Apodemus dominans*, *Parapelomys charkhensis*, *Saidomys afghanensis*, *Saidomys ? transversus* n. sp.), Gerbillidae (*Protatera kabulense* n. sp., *Pseudomeriones abbreviatus*) et Rhizomyidae (*Rhizomyides carbonnelli*). The single lagomorph of the deposit is a leporid, *Trischizolagus* cf. *maritsae*. An analysis of *Pseudomeriones* clarifies the taxonomic positions of diverse forms that have until now been assigned to *P. abbreviatus*. Four species of *Pseudomeriones* are recognized, representing different stages of evolution that are useful biochronologically. *Karnimata afghanensis* Brandy, 1979, is transferred to the genus *Saidomys*. " *Arvicanthis* " *magnus* Sen *et al.*, 1979, from the Pliocene of Hadji Rona, Sarobi Basin, Afghanistan, referred to *Saidomys* by Brandy *et al.* (1980), is placed in the new genus *Dilatomys*. The Pul-e Charkhi fauna is early Ruscinian, therefore early Pliocene, in age. It includes both endemic forms and others of a much wider geographic distribution. The relative abundance of murids and gerbils indicates an open steppe habitat or herbaceous savanna with the presence of gallery forests.

S. Sen, *Centre des Faibles Radioactivités, Domaine du CNRS, 91190 Gif-sur-Yvette.*

Introduction

Un premier travail sur le gisement pliocène de Pul-e Charkhi a été publié par Brunet *et al.* en 1980. Le lecteur y trouvera toutes les informations relatives à la situation géo-

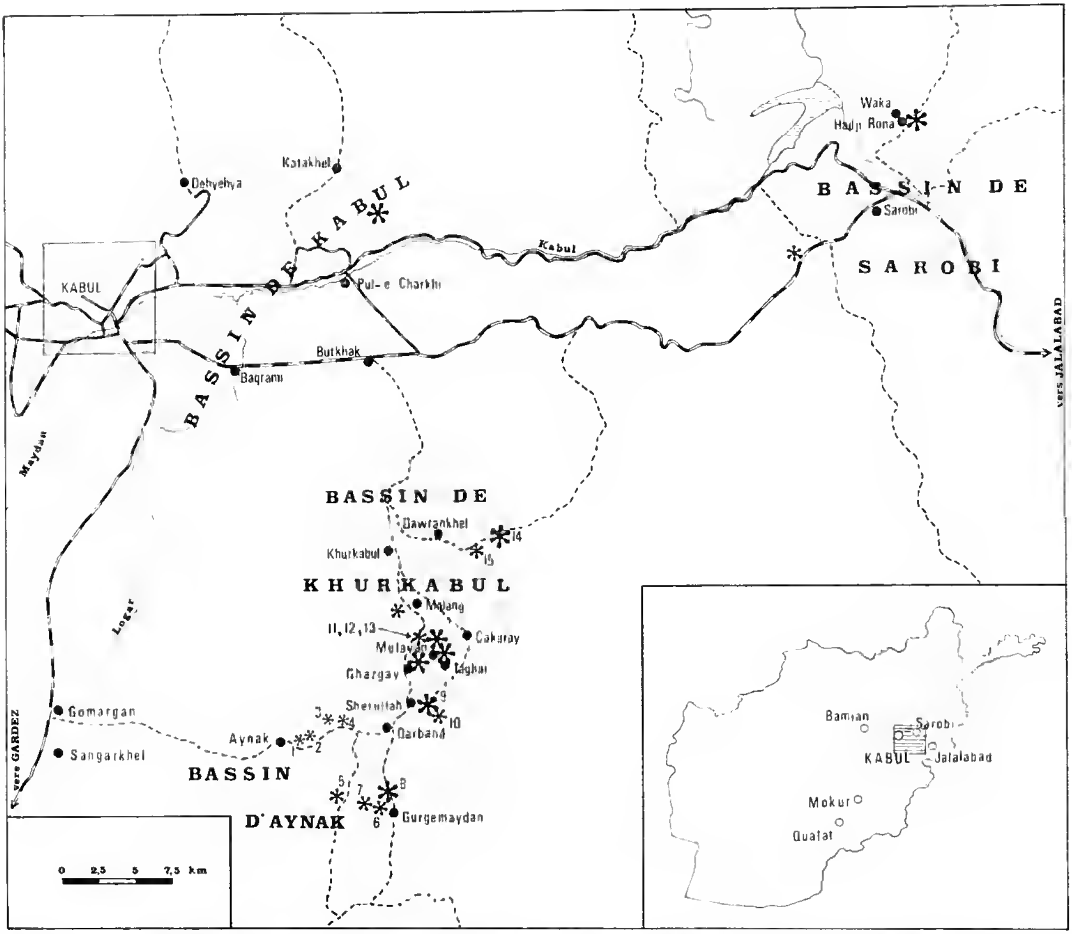


Fig. 1. — Carte des gisements à Vertébrés néogènes des bassins de Kabul, Sarobi, Khurkabul et Aynak en Afghanistan. Les gisements sont indiqués par des étoiles plus ou moins grandes suivant leur importance. Les numéros indiquent les points fossilifères regroupés sous un même nom de localité : Aynak 1, 2, 3 et 4 ; Gurgemaydan 5, 6, 7 et 8 ; Sherullah 9 et 10 ; Ghazgay 11, 12 et 13 ; Dawrankhel 14 et 15. D'autres gisements ne portent pas de numéro ; ce sont : Ghazgay, Molayan, Taghar, Malang, Pul-e Charkhi, Hadji Rona et Sarobi.

graphique (fig. 1), au contexte géologique et stratigraphique, à la nature lithologique de la couche fossilifère et au contenu faunique de ce gisement. Le présent travail est consacré à l'étude des Rongeurs et des Lagomorphes.

Matériel, techniques et méthodes

Quelques restes de petits Mammifères (Rongeurs, Lagomorphes, Insectivores) ont été récoltés *in situ* lors de l'unique fouille effectuée à Pul-e Charkhi au printemps 1978.

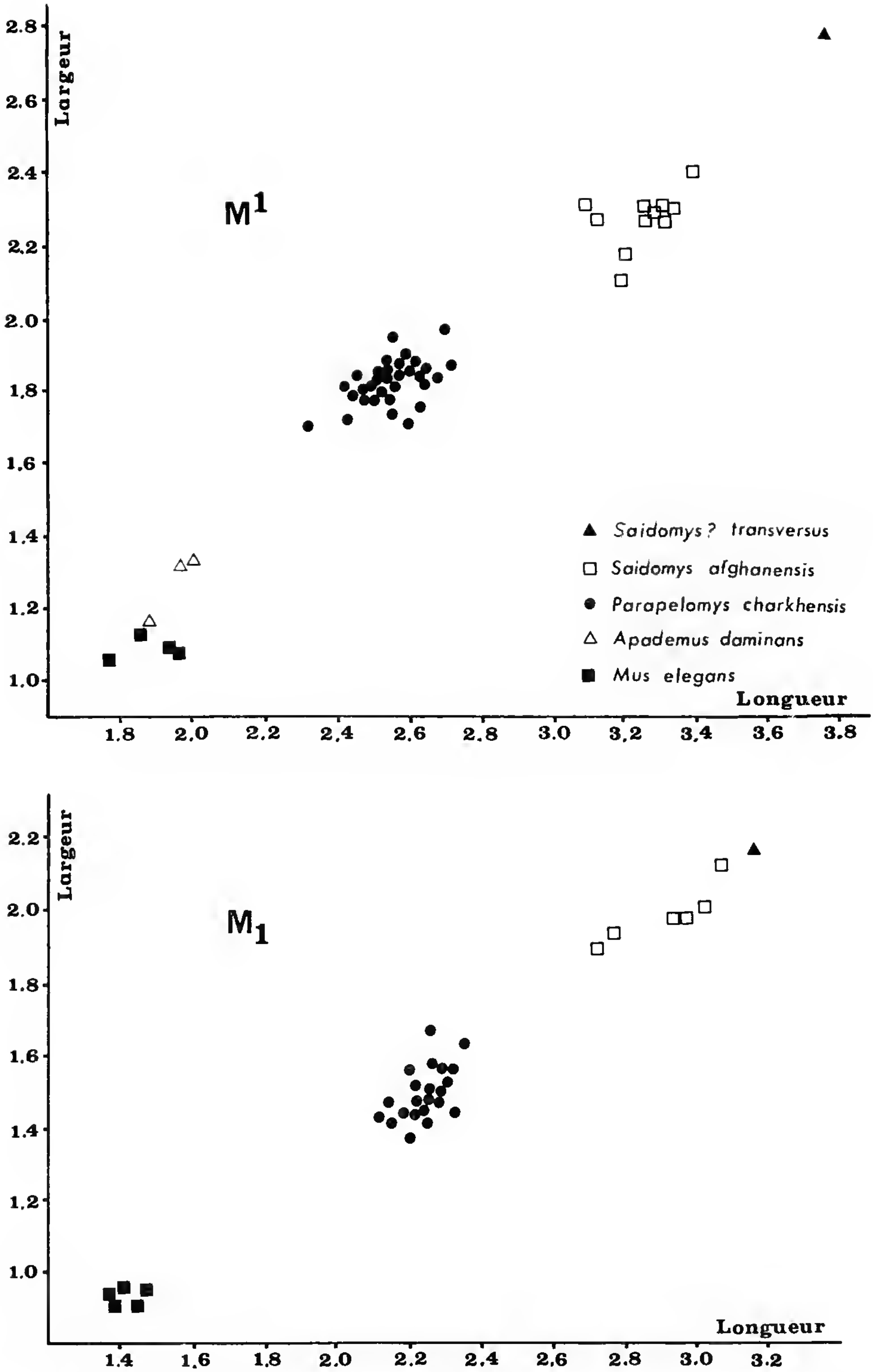


FIG. 2. — Les Muridae de Pul-e Charkhi. Dispersion des M^1 et M_1 en fonction de leurs longueurs et largeurs.

La plus grande part des restes de micromammifères provient du lavage-tamisage d'environ quatre tonnes de sédiment. L'utilisation de produits chimiques, eau oxygénée, acide acétique, a considérablement facilité cette opération. Des tamis de mailles 0,7 mm, 1,2 mm et 3,5 mm ont été utilisés. Le tri des résidus a été fait soit à l'œil nu, soit à l'aide d'une loupe frontale. Les fossiles se distinguent aisément du sédiment à cause de leur différence de couleur.

Le matériel récolté consiste surtout en dents ou fragments de dents isolées, et quelques fragments de maxillaires, de mandibules, d'os crâniens et postcrâniens.

L'émail des dents de Rongeurs et de Lagomorphes présente parfois des traces de corrosion qui, d'après les observations de Mayhew (1977), résulteraient d'un séjour dans le tube digestif des Rapaces ; ceci fournit une indication sur l'origine de l'accumulation des petits Mammifères de Pul-e Charkhi.

Les Rongeurs et Lagomorphes de Pul-e Charkhi sont représentés par 883 molaires et prémolaires inventoriées sous le sigle AFG dans les collections de l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle à Paris, et 35 spécimens inventoriés à l'Université de Montpellier et enfin plus d'un millier de fragments dentaires non inventoriés.

Les mesures de ces dents, exprimées en millimètre, ont été effectuées par moi à l'Institut des Sciences de la Terre à Dijon, à l'aide d'un appareil Maesuroscope de marque Nikon qui permet d'atteindre une précision du millième de millimètre.

Pour l'illustration, j'ai préféré effectuer des dessins plutôt que de recourir à des planches photos dont la qualité de reproduction n'est pas toujours assurée lors de l'impression.

ÉTUDE SYSTÉMATIQUE

Famille Muridae Gray, 1821

Parmi les Rongeurs, la famille des Muridae est la mieux représentée dans la faune de Pul-e Charkhi (503 spécimens numérotés, 5 espèces). Elle est suivie de loin par les Gerbillidae (249 spécimens numérotés, 2 espèces).

L'examen de la morphologie dentaire et de la taille des molaires permet de distinguer cinq espèces de Muridae dans cette faune (fig. 2). Toutefois, la distinction des spécimens attribués à *Saidomys afghanensis* et à *Saidomys ? transversus* n. sp. s'avérait, au début de cette étude, quelque peu délicate en raison de leurs ressemblances morphologiques et du faible nombre de spécimens attribués à la deuxième espèce. Un examen minutieux a permis de trouver une solution cohérente à ce problème.

MUS Linné, 1758

Espèce-type : *Mus musculus* Linné, 1758.

A la suite d'Ellerman (1941), les auteurs qui ont étudié les chromosomes (Matthey, 1966 ; Jotterand, 1972) et la morphologie dentaire (Petter, 1963 et 1969 ; Misonne,

1969 ; Marshall, 1977) s'accordent pour distinguer trois groupes au sein du genre *Mus* : a) groupe de *booduga*, b) groupe de *minutoides*, c) groupe de *pahari*. Le premier groupe renferme des espèces archaïques : M^1 modérément allongée et à forte distorsion (cf. Misonne, 1969 : 147), M^3 peu réduite, présence d'un tubercule médian antérieur sur M_1 et d'une marge cingulaire sur M_1 et M_2. La distribution géographique des espèces de ce groupe est à la fois asiatique et africaine.

Les espèces fossiles du genre *Mus* sont rares et peu nombreuses. On peut les énumérer comme suit : *Mus auctor* Jacobs, 1978, de DP locality 13 (Pakistan, Turolien), *Mus* sp. de DP locality 24 (Pakistan, Pléistocène inférieur), *Mus petteri* Jaeger, 1976, d'Olduvai Bed I (Tanzanie, Pléistocène inférieur), *Mus* sp. 1 de Hadar et *Mus* sp. 2 de Melka Kunture (Éthiopie, Pliocène ; Sabatier, 1979 et 1982) et *Mus* sp. de Langebaanweg (Afrique du Sud, ? Pliocène inférieur ; Pocock, 1976). *Mus camini* Bate, 1942, du Pléistocène supérieur d'Israël a été mis en synonymie avec *M. musculus* (Tchernov, 1968). Aussi bien *M. petteri* que *M. auctor* sont des formes appartenant au groupe *booduga*.

Mus elegans n. sp.
(Fig. 3 à 10)

Holotype : M^1 gauche, AFG 413.

Hypodigme : 6 M^1, 4 M^2, 9 M_1 et 3 M_2. AFG 412, 414-421, 808-810, 932-941.

Localité-type : Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan.

Tableau 1. — Dimensions des molaires supérieures et inférieures de *Mus elegans* n. sp. de Pul-e Charkhi.

	N	Longueur			Largeur		
		min.	$\bar{x}$	max.	min.	$\bar{x}$	max.
M^1	4/6	1,761	1,876	1,965	1,030	1,089	1,156
M^2	4	0,977	1,044	1,093	0,954	0,978	1,012
M_1	5/6	1,368	1,402	1,468	0,909	0,932	0,950
M_2	2	0,969	0,998	1,028	0,934	0,935	0,937

Diagnose : *Mus* de petite taille à molaires très brachyodontes. Molaires supérieures modérément allongées, avec des tubercules fortement inclinés vers l'arrière, M^1 à forte distorsion. Tubercules internes réduits sur M^1 et M^2. M_1 avec un faible tubercule médian antérieur ; marge cingulaire persistante sur M_1 et M_2.

Description

M^1 : Cette molaire se caractérise par sa forme allongée et par la distorsion de son contour. Le t1 reculé jusqu'au niveau du t5 laisse une encoche antéro-interne dont la longueur égale le tiers de la dent. Tous les tubercules sont fortement inclinés vers l'arrière. Le t4

se situe distalement par rapport au t5 et même au t6. es tubercules internes (t3, t6 et t9) sont beaucoup moins volumineux que les autres. Il n'existe aucune liaison entre les lophes transverses. Un cingulum plus ou moins important prend place sur le flanc antérieur du t1. Trois racines.

M^2 : Le t1 est volumineux, mais le t3 est petit. Les autres tubercules sont inclinés vers l'arrière. Le t9 n'est plus qu'une simple crête étroitement accolée au t8. Trois racines.

M_1 : Sa longueur représente en moyenne 135 % de celle de la M_2. Les tubercules principaux sont étroitement reliés entre eux par couple et pincés légèrement dans le sens antéro-postérieur. Le tC et le tE sont reliés par une courte crête. Le tubercule médian antérieur existe mais il est très faible et isolé. La marge cingulaire, bien que réduite, porte deux cuspides : l'une forte au niveau de tA, l'autre faible entre le tC et le tE. Le cingulum postérieur est plus volumineux que celui de la M_2. La M_1 possède deux racines.

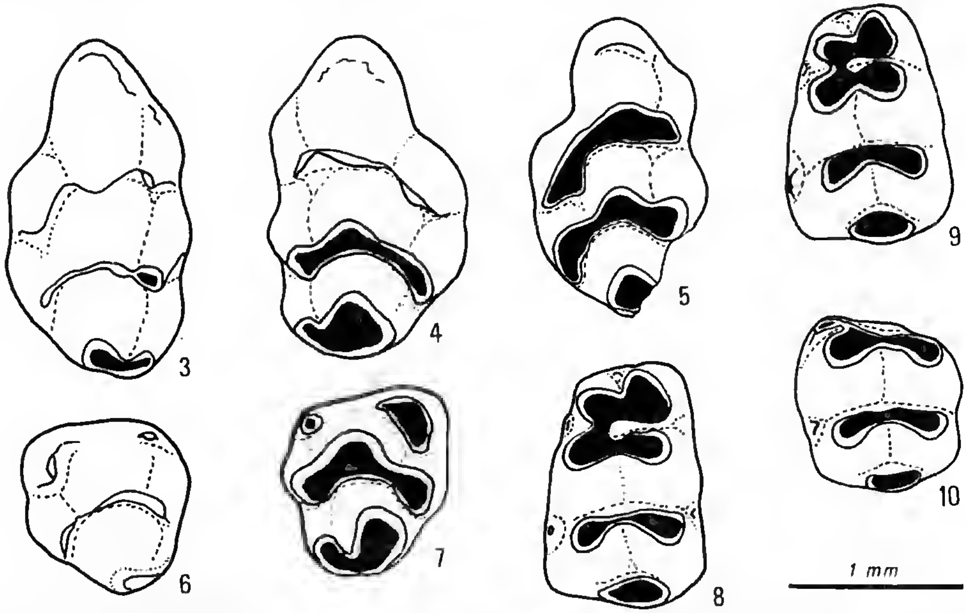


Fig. 3 à 10. — *Mus elegans* n. sp. de Pul-e Charkhi : 3, M^1 gauche, holotype, AFG 413 ; 4, M^1 droite, AFG 932 ; 5, M^1 gauche, AFG 412 ; 6, M^2 gauche, AFG 419 ; 7, M^2 droite, AFG 936 ; 8, M_1 gauche, AFG 415 ; 9, M_1 gauche, AFG 416 ; 10, M_2 gauche, AFG 421.

M_2 : Trois M_2 de *Mus* ont été trouvées à Pul-e Charkhi. Le lophide antérieur est plus large que le lophide postérieur. Le tubercule antéro-externe (tE), très réduit, est relié au tC. La marge cingulaire persiste sous forme d'une cuspide basse. Deux racines.

Rapports et différences

Bien que le matériel de Pul-e Charkhi ne renferme ni M^3 ni M_3 dont le degré de réduction constitue l'un des caractères principaux du genre, les autres molaires fournissent

suffisamment de données pour attribuer cette forme avec certitude au genre *Mus* (molaires de petite taille, extrêmement brachyodontes, absence de stéphanodontie, distorsion de la M^1, tubercules internes reculés et tubercules externes réduits sur M^1 et M^2, etc.).

L'espèce la plus proche de la forme de Pul-e Charkhi semble être *Mus booduga* actuel du sous-continent indien. Elle en diffère cependant par quelques traits plus évolués : M^1 et M^2 beaucoup plus allongées que chez la forme de Pul-e Charkhi, t3 très réduit sur M^2, absence de tubercule médian antérieur et disparition de la marge cingulaire sur M_1.

En revanche, *Mus petteri* du Pléistocène inférieur de Tanzanie présente des caractères plus archaïques que la forme de Pul-e Charkhi. Ses molaires supérieures sont courtes et larges, sa M^2 possède un t9 bien distinct, sa M^3 est peu réduite. En raison de ses caractères, *M. petteri* semble appartenir à une lignée évolutive distincte.

Mus auctor du Turolien des Siwaliks est l'espèce la plus primitive connue jusqu'à ce jour. Chez cette forme la M^1 est courte et large comme chez *M. petteri* ; la distorsion de cette molaire est faible par rapport à ce que l'on observe généralement chez les espèces de *Mus*. Les tubercules externes de la M^1 et de la M^2 de *M. auctor* sont encore assez volumineux ; autrement dit, ils ne sont pas réduits comme chez les autres espèces. La M_1 possède un tubercule médian antérieur très développé et une forte marge cingulaire. Par l'ensemble de ses caractères dentaires, *Mus auctor* est très proche de *Progonomys debruijni* du Vallésien terminal des Siwaliks (cf. Jacobs, 1978 : 7).

Le tableau II résume l'essentiel des différences morphologiques observées entre ces trois espèces.

Tableau II. — Comparaison des caractères dentaires de trois espèces fossiles du genre *Mus*.

	Mus auctor Jacobs, 1978	*Mus petteri* Jaeger, 1976	*Mus elegans* n. sp.
M^1	large, t3 postérieur au t2, cingulum antérieur présent, t9 volumineux.	large, t3 postérieur au t2, cingulum antérieur absent, t9 volumineux.	étroite, t3 proche du t2, cingulum antérieur présent, t9 réduit.
M^2	t9 volumineux.	t9 peu réduit.	t9 très réduit.
M_1	fort tma, marge cingulaire développée, liaison en X sur prélobe.	tma parfois présent et faible, marge cingulaire faible, liaison en X sur prélobe.	faible tma, marge cingulaire faible, seul tC relié au tE.
M_2	tE développé, marge cingulaire forte.	tE réduit, marge cingulaire faible,	tE réduit, marge cingulaire faible.

L'indice de longueur M_1/longueur M_2 est faible chez la forme afghane (133-136) comme chez *Mus auctor* (132) des Siwaliks ; cet indice est élevé chez *M. musculus* (164), *M. petteri* (158) et *M. triton* (174) (cf. Jaeger, 1976 : 87).

Au terme de ces comparaisons, on peut conclure que la forme de Pul-e Charkhi appartient à une espèce nouvelle, nommée ici *Mus elegans* ; sa morphologie dentaire est com-

parable à celle de *M. booduga* actuel qui fait partie vraisemblablement de la même lignée évolutive.

APODEMUS Kaup, 1829

ESPÈCE-TYPE : *Apodemus agrarius* (Pallas, 1778).

DISTRIBUTION : Du Turolien à l'Actuel, dans toute l'Eurasie et en Afrique nord-occidentale.

Très répandues de nos jours, les nombreuses espèces actuelles de ce genre sont classées dans trois sous-genres : *Apodemus*, *Sylvaemus* et *Alsomys*. Les aires de répartition de ces sous-genres et celles de leurs espèces se recouvrent fréquemment. MISONNE (1969 : 88) donne une liste détaillée des caractères qui distinguent les représentants de ces trois sous-genres.

Contrairement aux espèces actuelles dont la position taxonomique semble bien définie, la distinction des espèces fossiles et leur attribution à l'un ou l'autre de ces sous-genres se révèlent plus délicates. L'état fragmentaire du matériel fossile et la grande variation individuelle de la morphologie dentaire sont à l'origine de cette difficulté. Seule l'analyse détaillée et comparative de populations permet de cerner les espèces fossiles avec toutes leurs variations morphologiques. A ce propos, on ne peut pas ne pas évoquer le débat passionnant entre MEIN (1978) d'une part et VAN DE WEERD et DE BRUIJN (1978) d'autre part.

Apodemus dominans Kretzoi, 1959
(Fig. 11 à 18)

MATÉRIEL : 5 M^1, 1 M^3, 2 M_2 et 1 M_3. AFG 409-411, 811, 942-946.

MENSURATIONS : M^1 : 1,987 × 1,320 ; 1,852 × 1,155 ; — × 1,302 ; 1,984 × 1,312 ; — × 1,297. M^3 : 0,969 × 1,000. M_2 : 1,312 × 1,141 ; 1,422 × 1,212. M_3 : 1,094 × 1,009.

DESCRIPTION

M^1 : Cette molaire a une forme amygdaloïde. Le t1, faiblement relié au t2, est placé distalement par rapport aux t2 et t3. Le t3 possède un chevron postérieur. Les autres tubercules sont disposés en couronne. Le t7 bien développé est soit isolé, soit relié au t8, soit relié à la fois au t8 et au t4. Il existe un fort cingulum postérieur issu du t8. Trois racines.

M^3 : De dimensions réduites, cette molaire possède des tubercules tous reliés les uns aux autres. Le t1 est très volumineux, mais le t3 est absent. Le t8 et le t9 sont nettement plus petits que les autres tubercules. Trois racines.

M_2 : Le lophide antérieur est légèrement plus large que le lophide postérieur. Le tE est faiblement relié à la face antérieure du tC. Le couple de tubercules tA-tB possède une protubérance d'émail à leur point de jonction. La marge cingulaire est forte, sans C1, mais avec une cuspide au niveau de tC. Deux racines.

M_3 : Le tubercule antéro-externe n'est plus qu'une faible cuspide isolée. Les tubercules du lophide antérieur sont reliés. Deux racines.

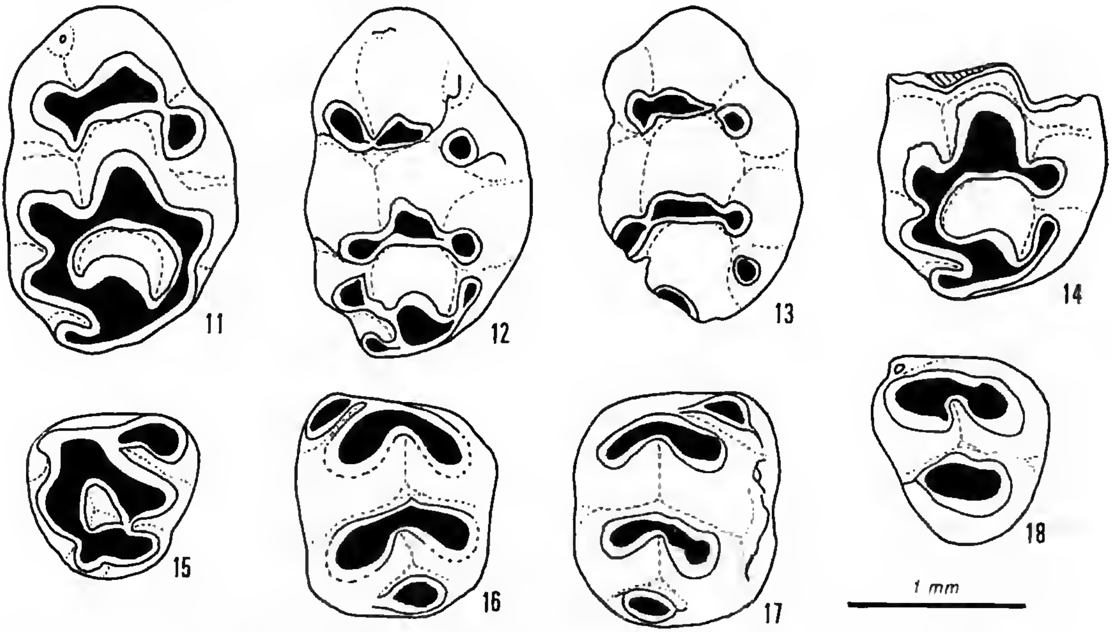


Fig. 11 à 18. — *Apodemus dominans* Kretzoi de Pul-e Charkhi : 11, M^1 droite, AFG 409 ; 12, M^1 droite, AFG 942 ; 13, M^1 droite, AFG 410 ; 14, M^1 droite, AFG 411 ; 15, M^2 droite, AFG 944 ; 16, M_2 gauche, AFG 811 ; 17, M_2 droite, AFG 945 ; 18, M_3 gauche, AFG 946.

Rapports et différences

La forme amygdaloïde de la M^1, la présence d'un t7 développé et la disposition en couronne des tubercules du deuxième et du troisième lophe de cette molaire ne laissent aucun doute sur l'appartenance de cette forme au genre *Apodemus*. Par leurs dimensions les M^1 de Pul-e Charkhi se rapprochent des espèces de taille moyenne (tabl. III). Le schéma occlusal de cette molaire est identique à celui d'*Apodemus dominans* connu dans les gisements pliocènes d'Europe centrale (Csarnota, Wèze, Rebielice, Schernfeld), de Grèce (Ptolemais, Tourkobounia 1, Maritsa) et d'Anatolie (Calta). Dans cette dernière localité, la racine interne de la M^1 possède un sillon et deux cavités ; un tel dédoublement n'a pas été signalé jusqu'à présent chez les autres populations de cette espèce. S'agit-il d'une variation géographique ?

La découverte d'*Apodemus dominans* à Pul-e Charkhi est de grande importance : elle élargit considérablement l'aire de distribution de cette espèce, vu que le gisement le plus oriental ayant livré *A. dominans* était Calta en Anatolie (Sen, 1977) ; de plus, cette espèce indique le Pliocène, donc un âge plus récent que celui estimé par Brandy (1979*a*, 1981).

TABLEAU III. — Dimensions de la M^1 d'*Apodemus dominans* provenant des gisements d'Europe centrale, Grèce, Turquie et Afghanistan.

GISEMENTS	N	LONGUEUR M^1			LARGEUR M^1		
		min.	X	max.	min.	X	max.
Europe Centrale							
CSARNOTA (loc. type)	8	1,84	1,97	2,06	1,20	1,25	1,28
SCHERNFELD	71	1,76	2,00	2,19	1,13	1,22	1,38
REBIELICE	61	1,62	1,91	2,14	1,13	1,26	1,39
WÈZE	22	1,70	1,86	2,05	1,11	1,20	1,30
Grèce							
PTOLEMAIS-3	4	1,89	1,92	1,98	1,16	1,21	1,24
PTOLEMAIS-1	6/4	1,70	1,79	1,87	1,04	1,10	1,18
KARDIA	1	—	1,84	—	—	1,23	—
TOURKOBOUNIA-1	50	1,83	2,00	2,18	1,19	1,29	1,44
MARITSA	2	1,93	2,00	2,07	1,25	1,26	1,26
Turquie							
CALTA	2	1,91	1,92	1,92	1,21	1,24	1,28
Afghanistan							
PUL-E CHARKHI	3/5	1,85	1,94	1,99	1,16	1,28	1,32

PARAPELOMYS Jacobs, 1978

ESPÈCE-TYPE : *Parapelomys robertsi* Jacobs, 1978.

DIAGNOSE ÉMENDÉE : Muridé à molaires non-stéphanodontes. M^1 avec cingulum antérieur développé et cingulum postérieur parfois réduit. Certains tubercules internes et externes pourvus de chevrons postérieurs sur les M^1 et M^2. Le lophe postérieur de la M^3 composé de deux tubercules. M_1 avec marge cingulaire relativement développée, tma faible ou absent. Bourrelet antérieur sur les M_2 et M_3. Tendances à l'augmentation du nombre des racines.

Parapelomys charkhensis Brandy, 1979
(Fig. 19 à 32)

HOLOTYPE : M^1 droite, PEC-1, figurée *in* BRANDY, 1979*a*, pl. 2, fig. 11.

HYPODIGME : 58 M^1, 65 M^2, 39 M^3, 59 M_1, 55 M_2, 50 M_3. AFG 544-732, 812-931.

LOCALITÉ-TYPE : Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan.

TABLEAU IV. — Dimensions des molaires supérieures et inférieures de *Parapelomys charkhensis* de Pul-e Charkhi.

	Longueur						Largeur					
	N	min.	max.	$\bar{x}$	E.T.	C.V.	N	min.	max.	$\bar{x}$	E.T.	C.V.
M^1	34	2,314	2,718	2,544	0,086	3,38	41	1,706	1,968	1,819	0,063	3,46
M^2	55	1,714	2,201	1,957	0,101	5,16	57	1,720	1,954	1,839	0,055	2,99
M^3	16	1,446	1,800	1,576	0,120	7,61	23	1,385	1,560	1,466	0,045	3,07
M_1	23	2,107	2,353	2,239	0,061	2,72	24	1,378	1,670	1,495	0,072	4,81
M_2	29	1,641	1,965	1,814	0,073	4,02	33	1,581	1,824	1,703	0,062	3,64
M_3	31	1,408	1,781	1,623	0,096	5,91	38	1,406	1,718	1,558	0,073	4,68

DIAGNOSE : Les tubercules médians de M^1 sont légèrement aplatis antéro-postérieurement ; pas de t7 ; crête basse entre t4 et t8 ; bourrelet à la base de t2 ; pas de tZ. M_1 avec petit cingulum postérieur arrondi ; marge cingulaire externe avec C1 fort ; tma petit ou absent ; la paire médiane de tubercules se prolonge par un éperon vers le tubercule antéro-interne tF (*in* Brandy, 1979*a*).

DESCRIPTION

Les 19 molaires isolées observées par BRANDY (1981) ne permettaient pas de cerner la variation de la morphologie dentaire. Le matériel récolté depuis comporte 324 molaires en bon état de conservation et de nombreux fragments. L'étude de ce matériel fournit une image plus complète de la variation intraspécifique.

M^1 : Elle se caractérise par sa forme élargie et par l'alignement quasi transverse de ses lophes. Les lophes ne sont pas reliés entre eux, à l'exception d'une faible crête basse entre le t4 et le t8. Sur la plupart des M^1 les tubercules internes sont reculés bien plus que les tubercules externes. Cependant, certaines molaires présentent une disposition symétrique. Quoi qu'il en soit, les tubercules externes sont moins volumineux et moins inclinés vers l'arrière que leurs homologues internes. Le t9 réduit est accolé au t8. Les t3, t4 et t6 des molaires usées sont pourvus de chevrons postérieurs. Toutes les molaires possèdent un cingulum antérieur plus ou moins fort ; il peut être continu depuis la face antérieure du t1 jusqu'au t3, interrompu ou même restreint au flanc antérieur du t2. Le cingulum postérieur, plus ou moins développé mais toujours présent, n'a jamais la forme d'un tubercule. Il y a quatre racines et une radicelle centrale.

M^2 : La disposition des tubercules ressemble à celle de la M^1 mais les t3 et t9 sont nettement plus réduits. Une trace de cingulum postérieur existe sur les dents fraîches. M^2 possède toujours quatre racines principales et parfois une ou deux radicelles.

M^3 : Sa forme est presque triangulaire ; les tubercules sont très soudés les uns aux autres. Le t3 n'est représenté sur certaines molaires que par une faible protubérance, tandis que sur d'autres il apparaît comme un tubercule de faible volume. Le t9 est soit d'importance égale au t8 (1/14), soit plus petit que le t8 (10/14), soit même absent (3/14) ; il est relié au t6 lorsqu'il est présent. Trois ou quatre racines.

M_1 : Cette molaire, modérément élargie, possède des tubercules légèrement comprimés dans le sens antéro-postérieur. La marge cingulaire possède une forte C1 accolée au tA et un bourrelet souvent mamelonné. Le cingulum postérieur, petit et conique, montre une surface d'usure ovale. La plupart des M_1 ne possèdent pas de tubercule médian antérieur, mais certaines ont une faible cuspide ou une crête à cet emplacement. Sur la plupart des molaires, il existe une liaison entre le lophide central et le tF ; cette crête est forte sur 22 spécimens, faible sur 16 et absente sur 11, pour un total de 49 M_1 observées. Il y a une forte racine antérieure, une large racine postérieure pourvue de deux cavités, une petite racine centrale externe et une radicelle interne.

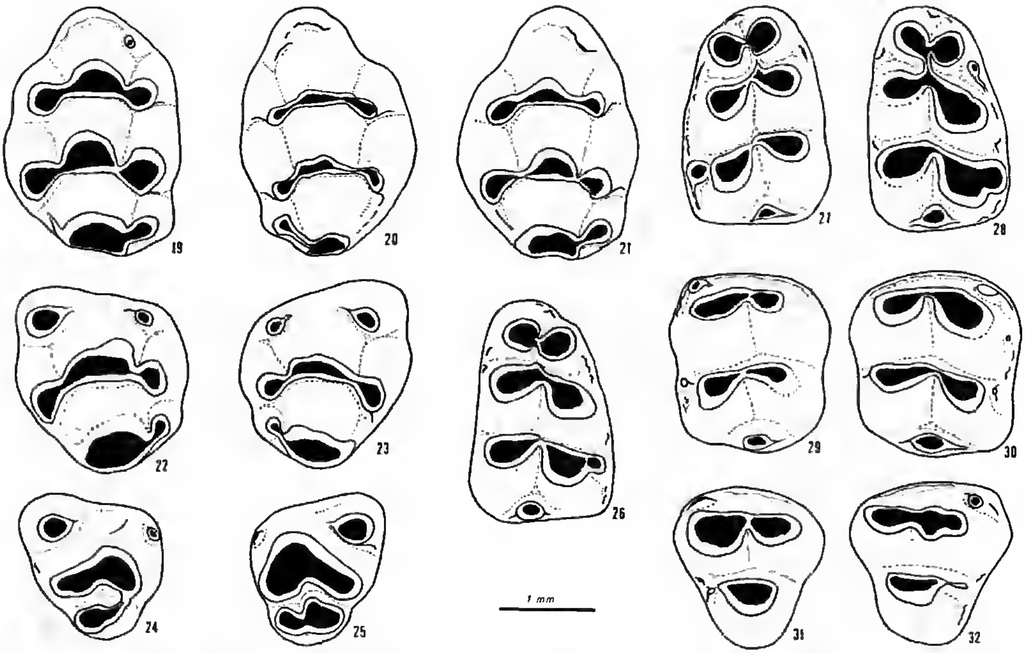


Fig. 19 à 32. — *Parapelomys charkhensis* Brandy de Pul-e Charkhi : 19, M^1 gauche, AFG 554 ; 20, M^1 droite, AFG 550 ; 21, M^1 gauche, AFG 546 ; 22, M^2 gauche, AFG 592 ; 23, M^2 droite, AFG 594 ; 24, M^3 gauche, AFG 868 ; 25, M^3 droite, AFG 867 ; 26, M_1 droite, AFG 652 ; 27, M_1 gauche, AFG 645 ; 28, M_1 droite, AFG 648 ; 29, M_2 gauche, AFG 701 ; 30, M_2 droite, AFG 690 ; 31, M_3 gauche, AFG 901 ; 32, M_3 droite, AFG 894.

M_2 : Le lophide postérieur est toujours plus étroit que le lophide antérieur. Le tE est réduit et isolé ; un bourrelet bas, issu de ce tubercule, contourne le bord antérieur de la dent. La marge cingulaire est plus ou moins forte et rappelle celle de la M_1. Le cingulum postérieur est un peu plus volumineux et plus étiré que celui de la M_1. Il y a quatre racines distinctes à la base, mais réunies par paires transversales vers la couronne.

M_3 : Le volume du tE varie d'un individu à l'autre, mais il est souvent en forme d'une faible cuspide isolée. Le bourrelet antérieur existe également sur cette molaire. Le tA n'est

plus qu'une crête étroitement accolée au tB. De la marge cingulaire, il reste parfois une trace sur le flanc postéro-externe du tC. Trois racines.

Rapports et différences

Le genre *Parapelomys* renferme, en plus de *P. charkhensis*, deux autres espèces : *P. robertsi* des Siwaliks du Pakistan (Jacobs, 1978) et *P. orientalis* de Hadji Rona, Afghanistan (Sen *et al.*, 1979). Les différences entre ces trois espèces se présentent comme suit :

— *P. robertsi*, espèce-type du genre, se distingue de *P. charkhensis* par la présence d'un fort cingulum postérieur sur la M^1, par l'absence de crête entre les lophides central et antérieur de la M_1 et par le nombre réduit des racines sur cette même molaire ;

— *P. orientalis* est une espèce de taille plus grande que *P. charkhensis*. Elle s'en distingue par la présence d'un fort cingulum postérieur et d'un faible cingulum antérieur sur la M^1, par l'absence de t3 sur la M^3, par l'absence de tubercule médian antérieur et de crête longitudinale sur la M_1 et par la disparition du tE sur la M_3.

Enfin, *Pelomys europeus*, espèce décrite du Ruscinien inférieur de Maritsa, Rhodes (de Bruijn *et al.*, 1970), montre des ressemblances avec la forme afghane : perte du cingulum postérieur de la M^1, présence d'une crête longitudinale sur la M_1, etc. En revanche, les tubercules arrondis des molaires supérieures (aplatis chez *P. charkhensis*) et la morphologie des M^3 et M_2 écartent toute éventualité de rapprochement entre ces deux espèces. *P. europeus* représente probablement une lignée évolutive distincte et très spécialisée ; l'appartenance de *P. charkhensis* à cette même lignée, telle qu'elle est suggérée par Brandy (1981 : 151) demeure discutable. *P. charkhensis* paraît être une lignée indépendante, sans lien avec le groupe *P. robertsi-P. orientalis*.

SAIDOMYS James et Slaughter, 1974

Espèce-type : *Saidomys natrunensis* James et Slaughter, 1974.

Autres espèces rapportées à ce genre : *S. afarensis* Sabatier, 1979 ; *S. afghanensis* (Brandy, 1979).

Diagnose émendée : Muridae de grande taille, à molaires larges. Molaires non stéphanodontes. t2, t5 et t8 très élargis, tubercules internes plus volumineux que les externes sur les molaires supérieures. Cingulum postérieur faible ou absent sur M^1 et M^2. M^3 allongée. Lophides transversaux séparés et marge cingulaire réduite sur les molaires inférieures. Fort tma sur la M_1. Tendance à l'augmentation du nombre de racines (4 ou 5 sur M^1 et 5 sur M_1).

Saidomys afghanensis (Brandy, 1979)
(Fig. 33 à 43)

Synonymie : *Karnimata afghanensis* Brandy, 1979.

Holotype : M^1-M^2 droites (DAW-1) figurées par Brandy (1979, pl. 2, fig. 5-6).

Localité-type : Dawrankhel 14, bassin de Khordkabul, Afghanistan.

Distribution : Dawrankhel 14 et 15, Pul-e Charkhi.

Matériel de Pul-e Charkhi : 24 M^1, 27 M^2, 19 M^3, 27 M_1, 10 M_2, 16 M_3. AFG 422 à 542, 807, 988 à 996.

Tableau V. — Dimensions des molaires supérieures et inférieures de *Saidomys afghanensis* de Pul-e Charkhi.

	N	Longueur			Largeur		
		min.	X	max.	min.	X	max.
M^1	11/14	3,092	3,247	3,385	2,181	2,284	2,410
M^2	16/21	2,231	2,501	2,748	2,225	2,469	2,670
M^3	13	2,096	2,123	2,358	1,757	1,880	2,025
M_1	6/13	2,715	2,910	3,067	1,899	2,031	2,189
M_2	11	2,168	2,269	2,575	2,139	2,220	2,319
M_3	10/11	2,003	2,193	2,303	2,048	2,112	2,194

Diagnose émendée : Muridé de grande taille, à molaires supérieures larges et de forme arrondie ou amygdaloïde. Tubercules centraux élargis et t1 légèrement redressé sur les molaires supérieures. M^1 et M^2 avec faible cingulum postérieur. M^3 et M_3 avec respectivement t3 et tE réduits mais jamais absents. M^3 de forme triangulaire et allongée. M_1 avec un fort tma et à lophides obliques séparés. Marge cingulaire réduite sur les molaires inférieures. Nombre de racines élevé avec apparition des radicelles.

Description

M^1 : Cette molaire de forme arrondie possède des tubercules boursouflés et inclinés vers l'arrière ; cependant, le t1 et le t4 sont moins inclinés que les autres tubercules. Les tubercules latéraux sont placés symétriquement par rapport aux tubercules centraux qui sont deux fois plus volumineux. Le t3 et le t9 sont légèrement réduits. Le t3 et le t6 possèdent chacun un éperon postérieur, ce qui rend le tubercule anguleux lorsqu'il est un peu usé. Le t6 et le t9 sont proches l'un de l'autre. Huit molaires sur dix-sept sont pourvues d'un faible bourrelet sur le flanc antérieur du t2. Le cingulum postérieur faiblement développé se présente sous forme de diverticule postéro-externe du t8. Le nombre des racines est variable. Il existe une forte racine antérieure, une forte racine postérieure, une petite racine externe accolée à une radicelle centrale et enfin une forte racine interne parfois pourvue d'un sillon superficiel, parfois munie de deux cavités pulpaires ou divisée en deux racines distinctes.

M^2 : La disposition des tubercules et leur importance sont semblables à celles de la M^1. Par contre, le cingulum postérieur est plus faible. Il y a quatre racines dont l'antéro-externe est soit pourvue de deux cavités pulpaires soit complètement divisée en deux. Une M^2 (AFG 476) possède trois racines principales et quatre radicelles.

M^3 : Cette molaire a une forme allongée. Ses tubercules sont moins inclinés vers l'arrière que sur les deux premières molaires. Le t1 est très volumineux, contrairement au t3 réduit.

Ces deux tubercules dont l'écartement varie d'un individu à l'autre sont reliés à la base du t5. Le t4 est redressé. Sur toutes les M^3 il existe un cingulum postérieur parfois isolé, parfois relié au t8 ou au t9. Un spécimen possède trois racines ; sur cinq autres les deux racines antérieures sont dédoublées.

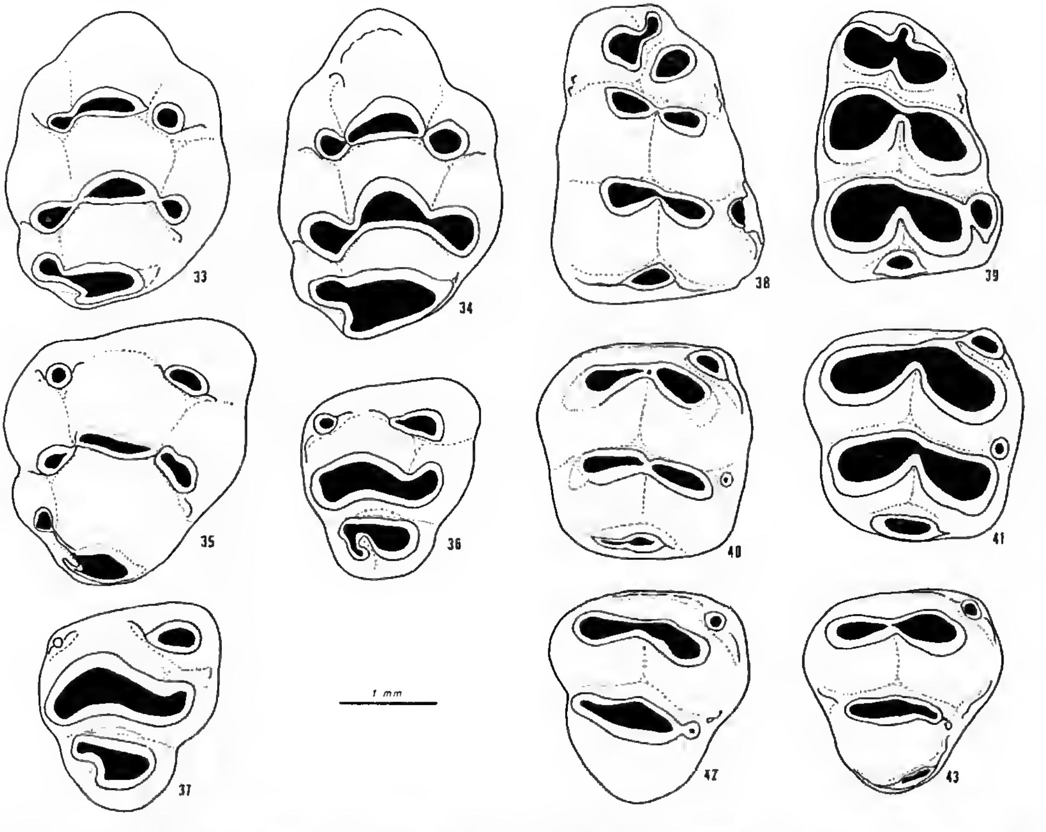


Fig. 33 à 43. — *Saidomys afghanensis* (Brandy) de Pul-e Charkhi : 33, M^1 droite, AFG 424 ; 34, M^1 droite, AFG 423 ; 35, M^2 droite, AFG 472 ; 36, M^3 droite, AFG 489 ; 37, M^3 droite, AFG 492 ; 38, M_1 droite, AFG 506 ; 39, M_1 droite, AFG 509 ; 40, M_2 droite, AFG 533 ; 41, M_2 droite, AFG 536 ; 42, M_3 droite, AFG 448 ; 43, M_3 droite, AFG 452.

M_1 : Cette molaire a une forme presque triangulaire. Le lophide postérieur est considérablement plus large que les autres. Les tubercules externes se situent distalement par rapport aux tubercules internes. L'angle qui sépare les deux tubercules est étroit. Il n'y a aucune trace de liaison longitudinale. Il existe un fort tubercule médian antérieur relié au tF. La marge cingulaire est représentée par une forte cuspide accolée au tA et par une crête sur le flanc postéro-externe du tE. Le cingulum postérieur est plus ou moins étiré transversalement et prolongé par des crêtes externe et surtout interne. Cette molaire pos-

sède une forte racine antérieure, une paire de petites racines centrales et une large racine postérieure aplatie, sillonnée et pourvue de deux cavités pulpaires.

M_2 : Ses deux lophides transverses rappellent ceux de la M_1. Toutefois, sur cette molaire le lophide postérieur est plus étroit que l'autre. Le tE est très réduit par rapport aux autres tubercules et faiblement relié au tC. Un bourrelet antérieur bas délimite la surface de contact avec M_1. La cuspide externe, unique trace de la marge cingulaire, se situe soit au flanc antéro-externe du tA, soit dans la vallée qui sépare le tA du tC. Le cingulum postérieur est plus important et plus étiré que celui de la M_1. Il y a quatre racines reliées transversalement.

M_3 : Cette molaire est presque aussi longue, mais nettement moins large, que la M_2. Malgré la réduction du lophide postérieur, le tA subsiste sous forme d'une cuspide étroitement accolée au tB. Le tE, peu volumineux et isolé, se poursuit par un faible bourrelet antérieur comme sur la M_2. Certaines M_3 ont une marge cingulaire forte, tandis que sur d'autres elle est presque absente. Cette molaire a trois racines, deux antérieures et une postérieure.

Rapports et différences

L'espèce *afghanensis* a été décrite d'après cinq molaires isolées trouvées à Dawrankhel 14 dans le bassin de Khordkabul et rapportée au genre *Karnimata* Jacobs (Brandy, 1979*a*, 1981). Quelques autres molaires provenant de Dawrankhel 15 et de Pul-e Charkhi ont aussi été attribuées à cette espèce par le même auteur.

L'étude de 123 molaires de Pul-e Charkhi nous permet de confirmer l'identité spécifique entre l'espèce *afghanensis* de Dawrankhel 14 et la forme de Pul-e Charkhi. En revanche, l'attribution de l'espèce *afghanensis* au genre *Karnimata* paraît discutable et ce pour les raisons suivantes. Le genre *Karnimata* regroupe des espèces de petite taille, à molaires brachyodontes. Le nombre de racines est faible (trois sur M^1 et deux ou trois sur M_1). Bien que les molaires supérieures montrent une légère tendance à l'élargissement, la M^1 garde sa forme amygdaloïde. La M^3 est courte. Les deux premiers lophides de la M_1 sont reliés soit en « X pattern » (Jacobs, 1978 : 59), soit longitudinalement par une crête interne. La M_3 est dépourvue de tA.

Chez l'espèce *afghanensis*, la taille est grande (fig. 44), les molaires supérieures sont élargies et la couronne est plus haute. On observe aussi une multiplication du nombre de racines, quatre ou cinq sur M_1 (voir tabl. VI), et un allongement de la M^3. Les deux premiers lophides de la M_1 ne sont pas reliés entre eux et cette molaire possède un fort tma. La M_3 est munie d'un petit tA sur tous les spécimens. Ces caractères éloignent l'espèce *afghanensis* du genre *Karnimata* ; ils s'observent par contre chez les espèces de *Saidomys* James et Slaughter.

Les arguments qui ont conduit Brandy (1981 : 147) à placer *afghanensis* dans le genre *Karnimata* plutôt que dans le genre *Saidomys* « sont la radiculation plus simple et la M^3 peu allongée » de la forme afghane. Le tableau VI montre que la radiculation des molaires de Pul-e Charkhi diffère assez clairement de celle de *Karnimata* et se rapproche étroitement de celle des *Saidomys*. Quant à l'allongement de la M^3 de *Saidomys*, c'est un caractère spécifique de *Saidomys afarensis* du Pliocène supérieur d'Éthiopie. Chez *S. natrunensis* (Pliocène d'Égypte), espèce-type du genre, le degré d'allongement de la M^3 est identique à

celui de l'espèce afghane (voir SLAUGHTER et JAMES, 1979). L'espèce *afghanensis* doit donc être rapportée au genre *Saidomys*. Cette attribution pose en termes nouveaux le problème des éventuelles relations phylétiques entre *Karnimata* et *Saidomys* ainsi que l'origine asiatique ou africaine des *Saidomys*.

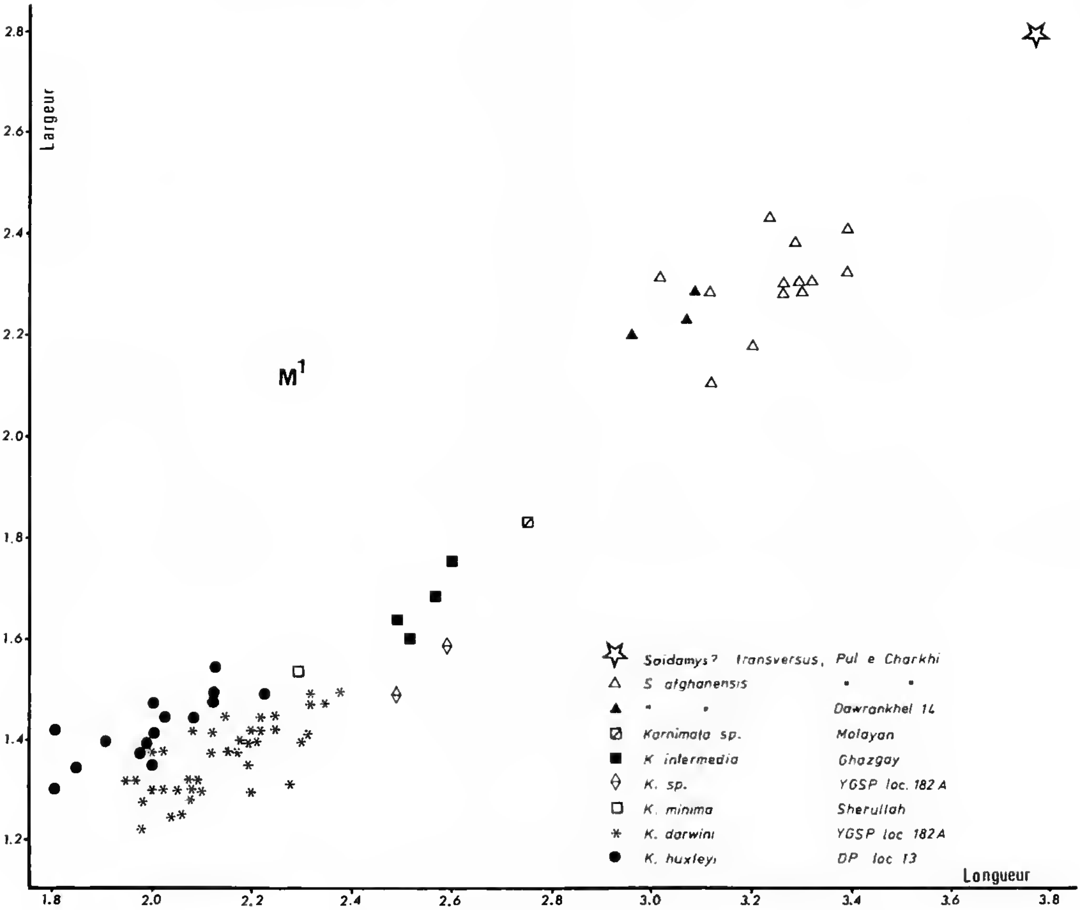


FIG. 44. — Dispersion des M^1 des espèces de *Saidomys* et *Karnimata* provenant des gisements d'Afghanistan et du Pakistan.

Saidomys afghanensis se distingue des *Saidomys* africains par plusieurs caractères. Chez les deux espèces africaines le cingulum postérieur des M^1 et M^2 est très réduit ou même absent, la M^3 est dépourvue de t1, la M_3 dépourvue de tE ; enfin la M^3 de *S. afarensis* est très allongée. Par tous ces caractères les espèces africaines sont plus évoluées que *S. afghanensis*.

TABLEAU VI. — Nombre de racines chez les diverses espèces de *Karnimata*, *Saidomys* et *Dilatomys*. Exemple : 4 — 5 + 1 signifie que cette molaire possède quatre ou cinq racines principales et une radicelle.

NOM DE L'ESPÈCE	M^1	M^2	M^3	M_1	M_2	M_3
Karnimata darwini	3 + 1	3 — 4 + 1	3	2 + 1	2	2
K. huxleyi	3 + 1	4	3	2 — 3	3 — 4	3
Karnimata sp.	3 + 1	—	—	—	—	—
K. minima	3 + 1	3 — 4	3	2 + 1	3	—
K. intermedia	3 + 1	4	—	2 + 1	3	3
K. n. sp., Molayan	3 + 1	—	3	2 + 1	—	—
Saidomys afghanensis	4 — 5 + 1	4 — 5	3 — 5	5	4	3
S. natrunensis	?	?	4	?	4	?
S. afarensis	5	5 + 1	5	5 + 1	4	3
Dilatomys magnus	8	—	4 + 1	6	4	—

REMARQUES SUR *Dilatomys* n. gen. *magnus* DU PLIOCÈNE DE HADJI RONA

Dans un travail consacré à la faune pliocène de Hadji Rona, bassin de Sarobi, Afghanistan, une nouvelle espèce de Muridé a été décrite sous le nom de *Arvicanthis magnus* Sen *et al.*, 1979. Cette espèce a été rapportée au genre *Saidomys* par BRANDY *et al.* (1980 : 640) : « Il apparaît alors que ce Muridé correspond mieux au genre *Saidomys* James et Slaughter, 1974. Il possède, comme ce dernier, un tma et un cingulum postérieur forts à la M_1, un cingulum postérieur de la M_2 plus important que celui de la M_1, une M_2 plus large que la M_1. Certains de ces traits ne caractérisent en réalité que la division *Arvicanthis* ».

L'attribution générique de l'espèce *magnus* est une question importante et délicate qui mérite discussion. La solution de la rapporter à *Arvicanthis* n'était certes pas entièrement satisfaisante, mais présentait l'avantage de ne pas créer un nouveau taxon générique pour une forme dont les relations phylétiques et paléobiogéographiques posent des problèmes entièrement nouveaux.

L'attribution de l'espèce *magnus* au genre *Saidomys* n'est malheureusement pas plus satisfaisante. Les arguments avancés à l'appui de cette hypothèse sont insuffisants et ne tiennent d'ailleurs pas compte des récentes données publiées sur *Saidomys* par SLAUGHTER et JAMES en 1979.

En fait, plusieurs observations fournissent des arguments pour rejeter cette interprétation :

— la M^1 de *magnus* possède un fort cingulum postérieur ; chez *Saidomys* il est faible ou absent ;

— le t1 de la M^1 est redressé chez *Saidomys*, mais incliné vers l'arrière chez l'espèce *magnus* ;

— les molaires supérieures et inférieures de l'espèce *magnus* sont proportionnellement plus larges que celles de *Saidomys* ;

— la M³ de *magnus* est courte, elle ne montre aucune tendance à l'allongement comme c'est le cas chez *Saidomys* ;

— les tubercules en forme de croissant des molaires inférieures de *magnus* rappellent ceux de *Golunda* ; chez *Saidomys* ils sont arrondis ;

— chez l'espèce *magnus*, le nombre de racines est plus important que chez *Saidomys* (voir tabl. VI) ;

— enfin, les dimensions des molaires de *magnus* sont plus grandes que celles de tous les *Saidomys*. Rappelons que les dimensions de la M¹ sont : 4,28 × 3,32, et celles de la M_1 : 3,60 × 2,84 (comparer avec les graphiques des figures 2 et 45).

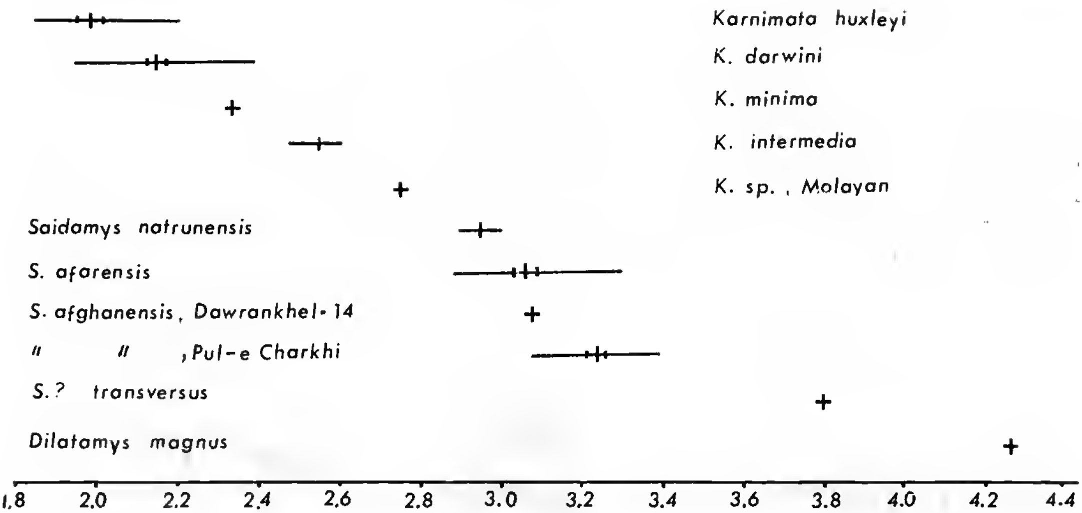


FIG. 45. — Diagramme de dispersion de la longueur de la M¹ chez les diverses espèces de *Karnimata*, *Saidomys* et *Dilatomys* n. g.

Ainsi, il est tout aussi difficile de rapporter l'espèce *magnus* au genre *Saidomys* qu'à *Arvicanthis*. La solution la plus satisfaisante, dans l'état actuel des connaissances, est de placer l'espèce *magnus* de Hadji Rona dans un nouveau genre pour lequel nous proposons *Dilatomys* n. g.

ESPÈCE-TYPE : *Dilatomys magnus* (Sen *et al.*, 1979).

LOCALITÉ-TYPE : Hadji Rona, bassin de Sarobi, Afghanistan.

ÂGE : Ruscinien supérieur.

DIAGNOSE : Muridé de très grande taille, à molaires supérieures et inférieures larges. M¹ et M³ avec fort cingulum postérieur. M¹ avec huit racines. Les tubercules des molaires inférieures en forme de croissant à l'image de *Golunda*. M_1 avec fort tma et 6 racines.

Saidomys ? transversus n. sp.
(Fig. 46 à 48)

HOLOTYPE : M^1 droite (AFG 404).

PARATYPES : 2 M_1 et 3 M_2 (AFG 405-408, 543).

LOCALITÉ-TYPE : Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan.

DIAGNOSE : Muridé plus grand que *S. afghanensis*. Molaires supérieures et inférieures avec des lophes transverses, moins recourbés en arc que chez *S. afghanensis*. Présence de cuspides accessoires sur la face antérieure de la M^1. Cingulum postérieur étiré transversalement et plus volumineux sur la M_2 que sur la M_1. Marge cingulaire absente sur M_2 et tE très réduit.

DESCRIPTION

M^1 : Cette molaire de très grande taille (3,809 × 2,799) se caractérise par ses lophes presque transverses. En effet, les tubercules latéraux ne se situent pas en retrait comme chez les représentants du « groupe *Arvicanthis* ». Les tubercules centraux sont très volumineux. Les tubercules internes et externes sont d'égale importance. Seul le t9 est réduit ; il est étroitement accolé au t8 et n'est pas projeté vers le t6 comme chez *Saidomys*, *Karnimata*, *Dilatomys*, etc. Sur la face antérieure du t2, on observe un fort cingulum et dans les vallées des cuspides accessoires. Le cingulum est presque effacé.

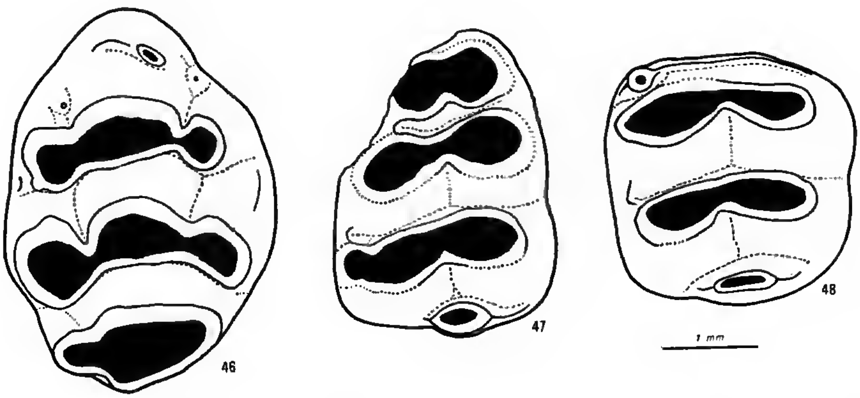


FIG. 46 à 48. — *Saidomys ? transversus* n. sp. de Pul-e Charkhi : 46, M^1 droite, AFG 404 ; 47, M_1 gauche, AFG 405 ; 48, M_2 gauche, AFG 408.

M_1 : Deux molaires relativement abîmées pourraient être attribuées à cette espèce. Elles se caractérisent par des lophides transverses dont les tubercules sont étroitement soudés. Le bord postérieur du lophide présente un angle très ouvert. De la marge cingulaire on n'observe que le C1 accolé au tA. Le cingulum postérieur est de forme ellipsoïde. Cette molaire possède cinq racines et une radicelle centrale.

M_2 : La surface occlusale de cette molaire forme presque un carré (2,543 × 2,547). Les quatre tubercules principaux sont alignés transversalement par couple de deux et étroitement soudés. Il existe un fort bourrelet antérieur. Le tE est très réduit et isolé. Le cingulum postérieur, étiré transversalement, est plus volumineux que celui de la M_1. Il ne reste aucune trace de la marge cingulaire. Quatre racines.

Rapports et différences

On pourrait penser que cette forme représente un morphotype aberrant de *Saidomys afghanensis* : grande taille, absence de stéphanodontie, eingulum postérieur réduit sur M^1, molaires inférieures larges avec cingulum postérieur plus volumineux sur M_2 que sur M_1, nombre de racines identiques, etc. Cependant, une comparaison directe avec toutes les molaires attribuées à *S. afghanensis* montre que ces six spécimens ne peuvent être assimilés à cette espèce. Les caractères qui distinguent cette nouvelle forme de *S. afghanensis*, ainsi que de toutes les autres espèces de *Saidomys* sont les suivants :

— tubercules alignés transversalement sur les molaires supérieures et inférieures, formant des lophes à peine arqués ;

— t9 soudé au t8 et pas projeté vers le t6 sur la M^1 ;

— tE réduit et isolé sur la M_2 ;

— absence de trace de marge cingulaire sur la M_2.

Pour ces raisons et surtout à cause des lophes transverses de ces molaires, il est nécessaire d'attribuer à cette forme un rang spécifique, d'où son nom *Saidomys ? transversus* n. sp. L'attribution générique de cette forme reste douteuse en raison des caractères énumérés ci-dessus et de la rareté du matériel. La morphologie de ses molaires suggère son appartenance au groupe *Karnimata-Saidomys-Dilatomys*, mais ses rapports phylétiques avec les membres de ce groupe sont difficiles à définir.

Famille Gerbillidae Gray, 1825

Sous-famille Taterillinae Chaline, Mein et Petter, 1977

Remarque : La plupart des auteurs attribue la paternité du nom de la famille Gerbillidae à Alston, 1876. Cependant, dès 1825, Gray a proposé le taxon supragénérique, Gerbillina.

PROTATERA Jaeger, 1977

Espèce-type : *Protatera algeriensis* Jaeger, 1977.

Reprenant la classification de tous les Muroidea, Chaline *et al.* (1977) ont proposé de distinguer au sein de la famille de Gerbillidae trois sous-familles dont une nouvelle, Taterillinae, qui regroupe tous les genres proches de *Tatera*. La mise en évidence de cette

nouvelle sous-famille repose sur l'idée que les Myocricetodontinae du Miocène moyen du Maghreb pourraient être à l'origine des *Protatera* (JAEGER, 1977). A l'appui de cette idée on constate que *Myocricetodon ouedi* du Vallésien supérieur du Maroc présente d'étroites ressemblances morphologiques avec *Protatera* : une légère réduction des crêtes longitudinales des molaires pourrait bien aboutir à un schéma dentaire qui est celui de *Protatera*.

En revanche, les molaires supérieures et inférieures de la sous-famille Gerbillinae (*sensu* CHALINE *et al.*, 1977) montrent un tout autre schéma qui ne peut dériver d'un Myocricetodontiné. Les ascendants probables des Gerbillinae sont encore mal connus. Des rapports phylétiques avec les Cricetidae du Miocène moyen d'Asie sont vraisemblables.

En plus de l'espèce-type, *Protatera* est connu par quelques spécimens du Ruscinien d'Espagne (DE BRUIJN, 1974 ; BRANDY, 1979*c*) et deux molaires de Pul-e Charkhi.

Protatera kabulense n. sp.
(Fig. 49 à 62)

1979. *Protatera* sp., BRANDY, p. 81, pl. 1, fig. 5 et 6.
1981. *Protatera* sp., BRANDY, p. 159, pl. VII, fig. 2 et 3.

HOLOTYPE : M^1 gauche, AFG 211.

HYPODIGME : 2 M^1, 8 M^2, 3 M^3, 12 M_1, 9 M_2, 6 M_3 (AFG 212 à 251).

LOCALITÉ-TYPE : Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan.

TABLEAU VII. — Dimensions des molaires supérieures et inférieures de *Protatera kabulense* n. sp. de Pul-e Charkhi.

	N	LONGUEUR			N	LARGEUR		
		min.	max.	x̄		min.	max.	x̄
M^1	3	2,907	3,062	2,979	3	1,999	2,130	2,077
M^2	7	1,760	1,958	1,850	8	1,761	2,056	1,934
M^3	3	0,959	1,206	1,103	3	1,292	1,400	1,355
M_1	7	2,602	2,853	2,733	7	1,791	1,943	1,890
M_2	8	1,697	1,892	1,835	7	1,808	1,968	1,893
M_3	5	1,021	1,143	1,087	5	1,186	1,481	1,322

DIAGNOSE : *Protatera* de la taille de *P. algeriensis*. Molaires à tubercules boursouflés. M^1 avec un antérocône triangulaire. M^2 pourvue d'une cuspide antérieure et de trois racines dont deux antérieures plus ou moins fusionnées. M_1 avec des lophides moins obliques que chez *P. algeriensis* et munie d'un fort cingulum postérieur.

DESCRIPTION

M^1 : Cette molaire est représentée par quatre spécimens dont un figuré par BRANDY (1981, pl. 7). La couronne est formée de trois lophes transverses dont le médian est le plus large. Sur les molaires peu usées existent des crêtes longitudinales basses entre l'antéro-

cône et le protocône et entre le protocône et l'hypocône. Ces crêtes apparaissent plus clairement sur les molaires à usure avancée. Les tubercules des lophes sont fusionnés dès le sommet de la couronne. Il y a une légère trace de cingulum postérieur. Trois racines.

M^2 : Les tubercules internes sont plus volumineux que les externes. La cuspide antéro-centrale, observée sur les M^2 peu usées, fusionne très vite avec le premier lophe. Le sommet du métacône se situe en avant du sommet de l'hypocône. L'hypocône semble montrer deux cuspides fusionnées lorsque la molaire n'est pas encore usée ; sur les M^2 usées on ne distingue plus qu'un grand tubercule étiré transversalement. Il n'y a aucune trace de cingulum postérieur. Cette dent possède trois racines : deux antérieures plus ou moins fusionnées et une postérieure.

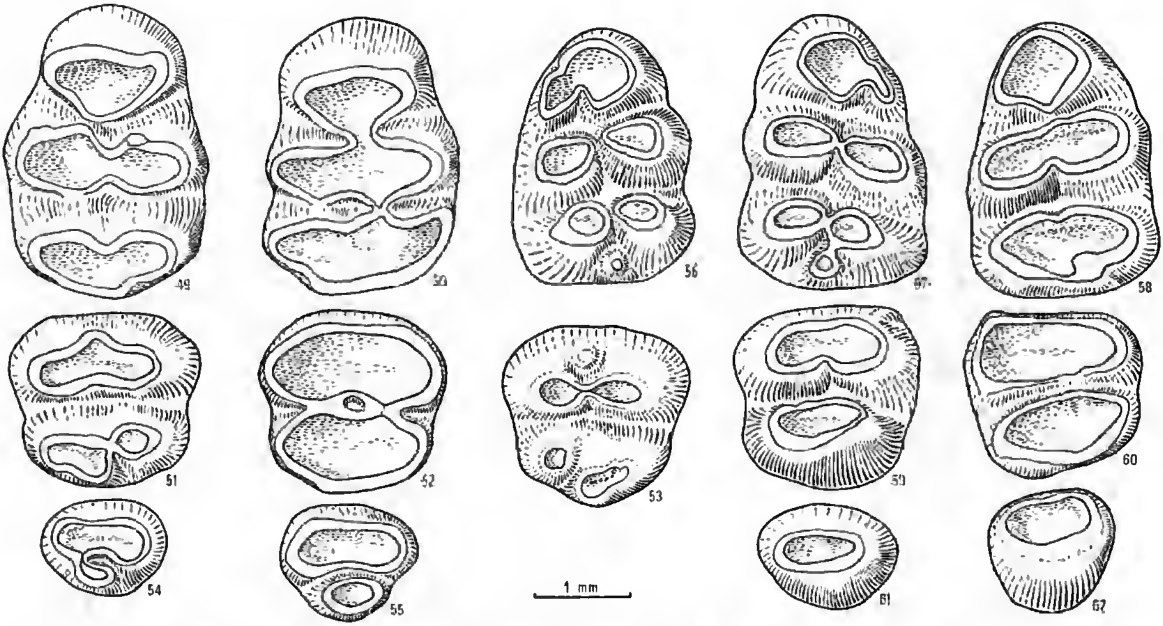


Fig. 49 à 62. — *Protatera kabulense* n. sp. de Pul-e Charkhi : 49, M^1 gauche, AFG 211 ; 50, M^1 droite, AFG 212 ; 51, M^2 gauche, AFG 226 ; 52, M^2 gauche inversée, AFG 225 ; 53, M^2 droite, AFG 228 ; 54, M^3 gauche, AFG 241 ; 55, M^3 droite, AFG 242 ; 56, M_1 gauche, AFG 213 ; 57, M_1 droite, AFG 214 ; 58, M_1 gauche, AFG 217 ; 59, M_2 droite, AFG 236 ; 60, M_2 gauche, AFG 239 ; 61, M_3, AFG 244 ; 62. M_3, AFG 246.

M^3 : Cette molaire est très réduite, mais moins que la M_3. Le lophe antérieur est composé du protocône et du paracône étroitement reliés entre eux ; le lophe postérieur est réduit à un tubercule étiré transversalement, soit indépendant (2/3) soit relié au protocône (1/3) (voir fig. 54 et 55). Elle possède une très forte racine qui porte encore la trace de la fusion de deux racines originellement distinctes.

M_1 : Les trois lophides plus ou moins obliques de cette molaire possèdent, chez les individus jeunes, des tubercules bien individualisés ; par contre lorsque la dent est usée, ces tubercules forment des lophides qui présentent une légère constriction antérieure et/

ou postérieure au point de jonction des tubercules. La cuspide antéro-externe, bien visible sur les molaires fraîches, se fond à l'antéroconide avec l'usure. Une crête très basse apparaît seulement entre l'antéroconide et le métaconide. Le cingulum postérieur a la forme d'une cuspide arrondie reliée à l'hypoconide. Cette molaire possède deux racines assez robustes.

M_2 : Ses deux lophes sont quasi transverses et ses tubercules sont moins individualisés que ceux de la M_1. Cette molaire est dépourvue de toute trace de cingulum postérieur. Il existe un faible cingulum antéro-externe sur certaines M_2, mais d'autres n'en possèdent pas. Deux racines.

M_3 : La couronne de cette molaire est réduite à un tubercule plus ou moins étiré transversalement. Son unique racine est aussi, voire plus épaisse que la couronne et porte la trace de deux racines.

Rapports et différences

Chaline, Mein et Petter (1977) regroupent dans la sous-famille de Taterillinae les genres *Tatera*, *Taterillus*, *Protatera* et « le groupe de gerbilles des formes *poeba-swalius* qui sont encore rapportées à tort à *Gerbillurus* et qui doivent recevoir un nouveau nom de genre » (*op. cit.*, p. 248). Notons en passant que dans les travaux de F. Petter (1959 et 1973) on trouve une bonne étude du dessin dentaire des genres actuels et des remarques sur leurs ressemblances morphologiques.

Les espèces des autres genres se distinguent de *Protatera algeriensis* et de la forme de Pul-e Charkhi par la couronne élevée des molaires, par l'absence de cuspide antéro-externe et de cingulum postérieur sur la M_1, par l'absence de cingulum antéro-externe sur la M_2, par les lophides transverses des M_1 et M_2, par l'absence de cuspide accessoire antérieure sur la M^2 et par la présence de deux racines sur M^2. On ne peut donc attribuer l'espèce de Pul-e Charkhi qu'au genre *Protatera*.

Bien que la forme du gisement afghan soit très proche par ses dimensions de *P. algeriensis*, la morphologie de sa denture s'en éloigne considérablement. Les M^1 et M^2 de *P. algeriensis* ont un schéma simple avec des lophes transverses aplatis à tubercules incorporés. Chez l'espèce afghane, le schéma de ces molaires devient un peu plus compliqué en raison des tubercules boursouflés et distincts. De plus, l'antérocône de la M^1 de *P. algeriensis* est aplati dans le sens antéro-postérieur et possède une face antérieure plate ; chez l'espèce afghane l'antérocône est de forme triangulaire et sa face antérieure est arrondie.

La M^2 de *P. algeriensis* est dépourvue de cuspide antérieure. Elle possède trois racines, comme à Pul-e Charkhi, mais disposées différemment.

C'est surtout la M_1 qui présente les caractères qui distinguent radicalement ces deux espèces : chez *P. algeriensis* l'antéroconide possède un sinus antérieur, les lophides sont beaucoup plus obliques et le cingulum postérieur est plus faible que chez la forme de Pul-e Charkhi. Toutes ces différences sont suffisamment importantes pour désigner la forme afghane comme une nouvelle espèce, ***Protatera kabulense*** n. sp.

Les quelques rares spécimens du Pliocène d'Espagne signalés sous le nom de *Protatera* sp. ressemblent davantage à *P. kabulense* qu'à *P. algeriensis*. Cependant, on ne peut conclure à l'identité spécifique.

Les molaires inférieures de *P. kabulense* seraient plus évoluées que celles de *P. algeriensis* et inversement les molaires supérieures seraient plus primitives (Brandy, 1979*c* :

147) : les caractères cités à l'appui de ce deuxième point (présence des crêtes longitudinales, tubercules mieux individualisés, antérocône triangulaire) n'emportent pas la conviction car ils sont également observés chez les Taterillinae actuels. D'après nos observations, *P. kabulense* ressemble davantage aux formes actuelles qu'à *P. algeriensis*. Pour le moment, les restes de *Protatera* sont trop peu nombreux et trop dispersés géographiquement pour se prêter utilement à des déductions phylogénétiques.

Sous-famille GERBILLINAE Gray, 1825

PSEUDOMERIONES Schaub, 1934

ESPÈCE-TYPE : *Lophocricetus abbreviatus* Teilhard, 1926.

La position systématique de ce genre ainsi que sa répartition géographique et stratigraphique ont été discutées dans deux travaux antérieurs (SEN, 1977 ; SEN, *sous presse*). Il faut ajouter que les rapports phylétiques de *Pseudomeriones* avec les Gerbillinae actuels demeurent à présent inconnus faute de données provenant du Pliocène supérieur et du Pléistocène inférieur.

Pseudomeriones abbreviatus (Teilhard, 1926)
(Fig. 63 à 74)

1979*a*. *Pseudomeriones* cf. *abbreviatus* (Teilhard) : BRANDY, p. 81, pl. 1, fig. 7 à 9.
1979*c*. *Pseudomeriones* cf. *abbreviatus* : BRANDY, p. 142, fig. 41.
1980. *Pseudomeriones* cf. *abbreviatus* : BRUNET *et al.*, p. 281.
1981. *Pseudomeriones crapouilloti* Brandy, p. 155, pl. 5 et 6.

HOLOTYPE : Série dentaire M_1-M_3 gauche, figurée *in* TEILHARD, 1926, fig. 23A et pl. 5, fig. 18.

LOCALITÉ-TYPE : King-yan-fou, Kansu, Chine.

MATÉRIEL DE PUL-E CHARKHI : 39 M^1, 41 M^2, 36 M^3, 54 M_1, 26 M_2, 22 M_3. AFG 252 à 403, 790 à 803, 997 à 1045.

DIAGNOSE : *In* SEN, 1977 : 115.

TABLEAU VIII. — Dimensions des molaires supérieures et inférieures de *Pseudomeriones abbreviatus* de Pul-e Charkhi.

	LONGUEUR						LARGEUR					
	N	min.	max.	$\bar{x}$	D.S.	C.V.	N	min.	max.	$\bar{x}$	D.S.	C.V.
M^1	19	2,311	2,867	2,528	0,137	5,42	24	1,465	1,857	1,667	0,082	4,92
M^2	27	1,290	1,586	1,452	0,064	4,40	25	1,518	1,623	1,570	0,029	1,85
M^3	15	0,786	0,954	0,871	0,047	5,39	14	1,033	1,178	1,130	0,040	3,54
M_1	40	2,016	2,356	2,154	0,334	15,50	48	1,392	1,642	1,524	0,054	3,54
M_2	20	1,417	1,687	1,564	0,060	3,83	20	1,398	1,670	1,555	0,070	4,50
M_3	8	0,822	1,025	0,909	0,059	6,49	8	0,874	1,128	1,030	0,072	6,99

Description

L'incisive supérieure est aplatie et fortement recourbée. Elle ne possède pas de sillon longitudinal. La couronne des molaires est relativement élevée. La hauteur de la couronne des M1 peu usées atteint les deux tiers de la longueur de ces dents. Les deuxièmes et surtout troisièmes molaires sont réduites ; la longueur des deux molaires postérieures n'égale pas la longueur de la première molaire. L'usure ne fait qu'élargir la surface occlusale des molaires, mais ne modifie guère leur dessin.

M^1 : La couronne de cette molaire est composée de trois lophes reliés entre eux longitudinalement. Le lophe central est plus large que les autres. Sur une M^1 fraîche (AFG 252) l'antérocône n'est pas encore relié au lophe central. Les quatre tubercules postérieurs sont disposés en légère alternance et étroitement reliés entre eux pour former les deux lophes postérieurs. Il n'y a aucune trace de cingulum postérieur. Trois racines.

M^2 : Ses deux lophes transverses sont reliés par une forte crête longitudinale située à peu près au centre de la face occlusale ; de ce fait, les synclinaux externe et interne sont de profondeur à peu près égale. Cependant, chez 18 M^2 sur 29, le synclinal interne se recourbe légèrement vers l'arrière, tandis que chez les autres M^2 ce même synclinal est transversal. Ajoutons que le synclinal externe est plus large que le synclinal interne. Chez les individus jeunes, on observe une trace de cingulum interne et un renflement postérieur. Il y a deux racines dont une antérieure très large.

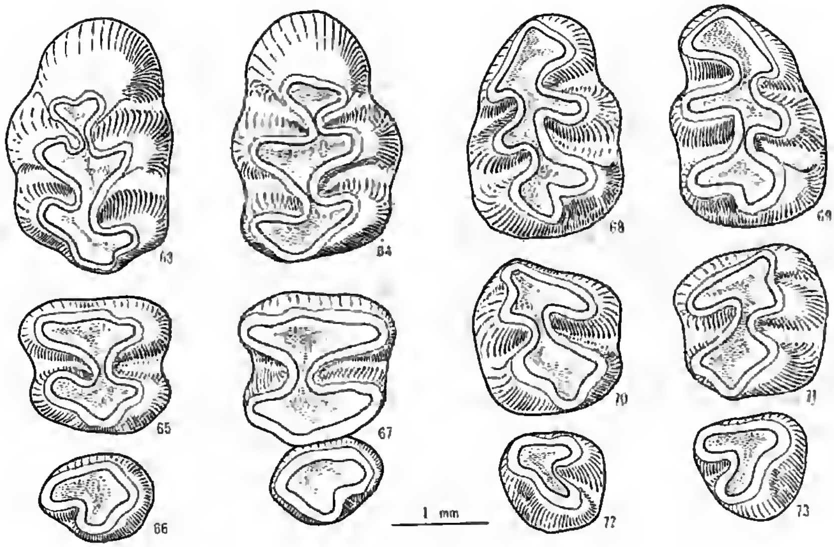


Fig. 63 à 73. — *Pseudomeriones abbreviatus* (Teilhard) de Pul-e Charkhi : 63, M^1 gauche, AFG 253 ; 64, M^1 droite, AFG 281 ; 65, M^2 gauche, AFG 286 ; 66, M^3 gauche, AFG 393 ; 67, M^2-M^3 droites, AFG 302 ; 68, M_1 gauche, AFG 320 ; 69, M_1 droite, AFG 338 ; 70, M_2 gauche, AFG 370 ; 71, M_2 droite, AFG 369 ; 72, M_3 droite, AFG 383 ; 73, M_3 droite, AFG 386.

M^3 : Sa couronne est sillonnée par un synclinal interne relativement profond. Il existe aussi une légère dépression externe. Ses deux racines, distinctes à leur apex, se réunissent vers la couronne.

M_1 : Ses trois lophides sont étroitement reliés par la crête longitudinale. L'antéroconide est de forme triangulaire. Le protoconide se situe distalement par rapport au métaconide à l'image des Cricetidae. Le cingulum postérieur relativement fort chez les individus jeunes et adultes s'efface chez les individus âgés. Les synclinides sont orientés plus ou moins vers l'avant ; du côté externe ils sont moins profonds que du côté interne. Deux racines.

M_2 : La couronne est composée de deux lophides reliés par une crête longitudinale et d'une cuspide antéro-externe séparée du protoconide par un synclinide. Ce synclinide est généralement peu profond, mais sur deux M_2 il est plus accentué. Le cingulum postérieur est bien marqué chez les individus jeunes, mais disparaît chez les individus âgés. Il y a deux racines ; la postérieure montre une torsion antéro-externe.

M_3 : La surface occlusale en forme de croissant est entaillée par un synclinide interne et par une dépression de la muraille externe. Cette molaire possède deux racines distinctes.

Rapports et différences

Depuis la description de l'holotype de *Pseudomeriones abbreviatus* faite par Teilhard (1926), aucun spécialiste n'a eu l'occasion de compléter l'étude de ce matériel type, conservé en Chine. Cette lacune a constitué un lourd handicap pour toutes les études parues au cours des dix dernières années. Grâce à M. Qiu Zhuding de l'Institut de Paléontologie des Vertébrés de l'Academia Sinica à Pékin, j'ai pu, en septembre 1981, examiner cet holotype et en faire un moulage qui est déposé à l'Institut de Paléontologie du Muséum à Paris.

La comparaison directe des spécimens de Pul-e Charkhi avec l'holotype de *Pseudomeriones abbreviatus* ne fait apparaître aucune différence. C'est donc sans hésitation que *Pseudomeriones* de Pul-e Charkhi est rapporté à l'espèce *P. abbreviatus*.

En revanche, Brandy (1981) a rapporté la forme de Pul-e Charkhi à une nouvelle espèce, *P. crapouilloti*. Les différences morphologiques de *P. abbreviatus* par rapport à la forme de Pul-e Charkhi seraient, selon cet auteur, « les tubercules internes et externes nettement dissymétriques et orientés vers l'avant pour les M^1, la M^2 avec le sinus externe nettement plus profond que le sinus interne, avec une extrémité franchement coudée » (*op. cit.*, p. 157). Ces caractères apparaissent également dans la population de Pul-e Charkhi (voir fig. 63 à 76). Il n'y a donc pas de raison apparente pour distinguer *Pseudomeriones* de Pul-e Charkhi de *P. abbreviatus* de King-yan-fou (localité-type). Pour le matériel de l'autre localité chinoise, Wa-yao-po, voir les remarques ci-dessous.

J'ai comparé aussi l'holotype de *P. abbreviatus* avec le matériel des gisements d'Ano Metechi 3 en Grèce, de Maritsa en Grèce, de Calta en Turquie et de Molayan en Afghanistan. Voici le résultat de ces études :

1. A Ano Metechi 3, où le matériel est peu abondant (Armour-Brown *et al.*, 1979), les molaires présentent une morphologie très proche de celle de l'holotype. Les différences observées sont : légère massivité des molaires et présence d'une trace de cuspide antérieure sur la M_3, à Ano Metechi 3. Ces différences ne justifient pas une distinction taxonomique : *Pseudomeriones* d'Ano Metechi 3 se rapporte donc à *P. abbreviatus*.

Tableau IX. — Comparaison des moyennes de longueurs et de largeurs des molaires de *Pseudomeriones* provenant des différentes localités. Les mesures concernant les gisements chinois sont prises sur figures.

	Pul-e Charkhi				Calta			
	N	L	l	L/l	N	L	l	L/l
M^1	19/24	2,53	1,67	1,51	27	2,69	1,50	1,79
M^2	27/25	1,45	1,57	0,92	17	1,29	1,38	0,93
M^3	15/14	0,87	1,13	0,77	8	0,83	0,99	0,84
M_1	40/48	2,15	1,52	1,41	38/40	2,35	1,35	1,74
M_2	20	1,56	1,55	1,00	37	1,52	1,39	1,09
M_3	8	0,91	1,03	0,88	15	1,10	1,00	1,10

	Maritsa				Molayan			
	N	L	l	L/l	N	L	l	L/l
M^1	1	3,05	1,68	1,81	3	2,45	1,57	1,56
M^2	7	1,36	1,55	0,88	3	1,38	1,49	0,92
M^3	3	0,93	1,06	0,88	2	0,86	1,04	0,82
M_1	5/7	2,63	1,54	1,71	3	2,15	1,38	1,55
M_2	9/8	1,47	1,52	0,97	4	1,60	1,45	1,10
M_3	2	1,07	1,06	1,01	1	0,96	1,00	0,96

	King-yan-fou (*in* Teilhard, 1926, 1942)				Wa-yao-po (*in* Schaub, 1934)			
	N	L	l	L/l	N	L	l	L/l
M^1	1	2,87	1,63	1,76	1	2,35	1,55	1,51
M^2	1	1,62	1,55	1,04	1	1,37	1,38	0,99
M^3	1	1,00	1,12	0,89	1	0,73	0,83	0,88
M_1	4	2,38	1,56	1,52	—	—	—	—
M_2	4	1,76	1,64	1,07	1	1,44	1,42	1,01
M_3	4	1,29	1,15	1,12	—	—	—	—

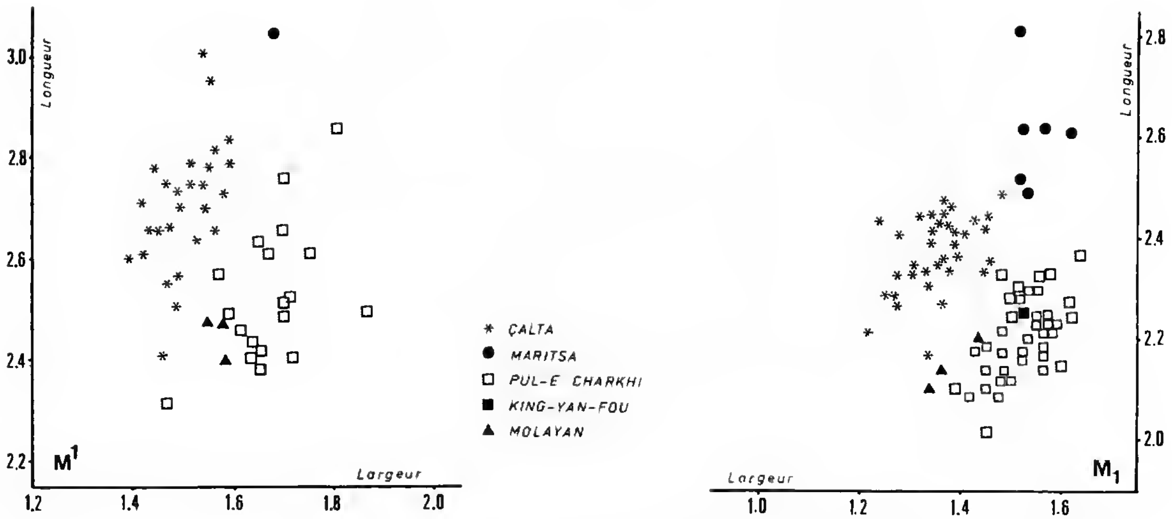


FIG. 74. — Dispersion des premières molaires supérieures et inférieures de *Pseudomeriones* provenant de diverses localités.

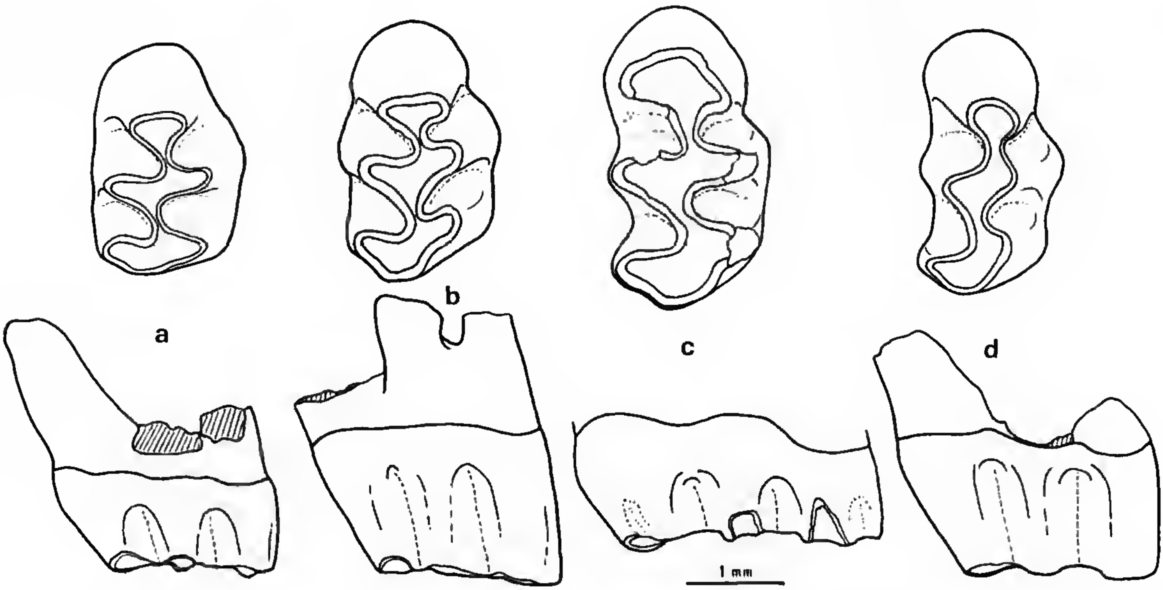


FIG. 75. — Comparaison des M^1 de diverses espèces de *Pseudomeriones* en vues occlusale et interne : a, *Pseudomeriones* sp. de Molayan ; b, *P. abbreviatus* de Pul-e Charkhi ; c, *P. rhodius* n. sp. de Maritsa ; d, *P. tchaltaensis* de Calta.

2. *Pseudomeriones* de Maritsa montre quelques spécialisations qui le distinguent de *P. abbreviatus*. Ses molaires sont de taille plus grande et de forme plus allongée que chez toutes les autres formes (fig. 74-76) ; l'antéroconide de sa M_1 forme un triangle régulier et les premiers synclinides antérieurs (externe et interne) de cette molaire sont d'importance égale. Par ailleurs, cette forme se singularise par l'élargissement de l'antérocône de la M^1, par sa M^2 à trois racines et par sa M_3 au dessin plus compliqué que chez les autres espèces. Ces caractères n'étant observés dans aucune population attribuable à *P. abbreviatus*, il faut considérer cette forme, d'abord attribuée à *P. abbreviatus* (de Bruijn *et al.*, 1970), comme une espèce distincte, soit *Pseudomeriones rhodius* n. sp.

Diagnose : Diffère de toutes les autres espèces de *Pseudomeriones* par sa M^1 longue, à antérocône élargi ; par sa M_1 à antéroconide triangulaire et par sa M^2 à trois racines.

Holotype : M_1 droite figurée par de Bruijn *et al.*, 1970, pl. 5, fig. 12. Coll. Geol. Institut, Rijksuniversiteit, Utrecht.

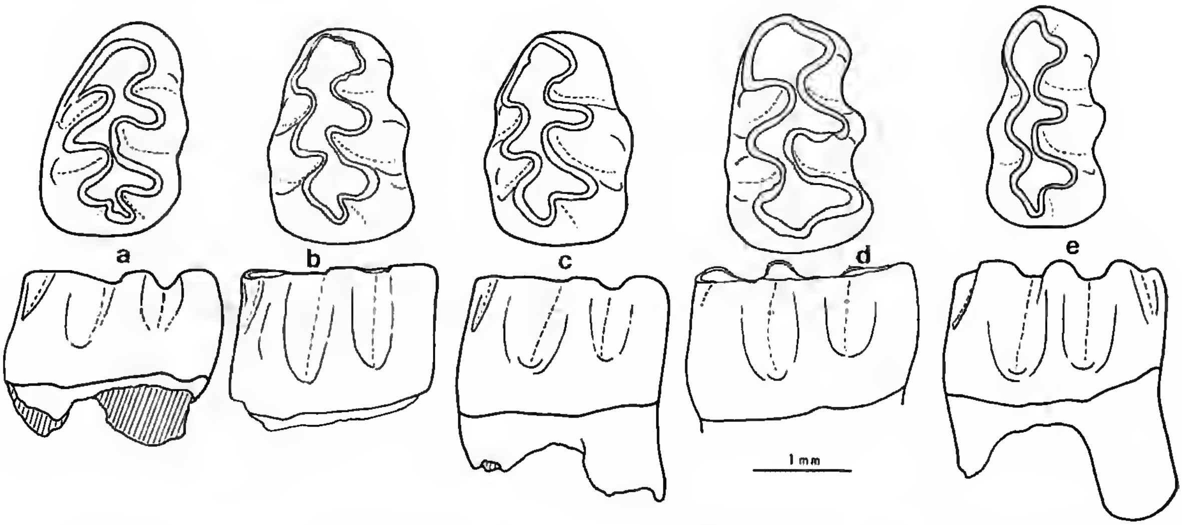


Fig. 76. — Comparaison des M_1 de diverses espèces de *Pseudomeriones* en vues occlusale et interne : a, *Pseudomeriones* sp. de Molayan ; b, *P. abbreviatus* de King-yan-fou, holotype ; c, *P. abbreviatus* de Pul-e Charkhi ; d, *P. rhodius* n. sp. de Maritsa ; e, *P. tchaltaensis* de Calta.

3. *Pseudomeriones* de Calta est une forme plus évoluée que *P. abbreviatus* et *P. rhodius*. La couronne des molaires n'est pas plus haute que celle de ces deux espèces, mais leurs formes, surtout celles de M^1 et M_1 sont plus effilées (fig. 75 et 76). L'antéroconide de la M_1 est plus allongé ; le synclinide antéro-externe est faible sur la M_2 ; le synclinal interne de la M^2 est transverse et cette molaire n'a plus que deux racines. Ajoutons aussi que la racine interne de la M^1 est plus faible à Calta que dans les autres gisements. Ces différences imposent la transcription de *P. abbreviatus tchaltaensis* Sen en *Pseudomeriones tchaltaensis* (diagnose et holotype, *in* Sen, 1977 : 116).

4. Le gisement de Molayan a également livré des restes de *Pseudomeriones* (Heintz *et al.*, 1979 ; Brunet *et al.*, 1981). La forme de Molayan se distingue clairement des autres espèces par les caractères suivants : la couronne des molaires est basse et de ce fait les synclinaux sont peu profonds verticalement (fig. 75 et 76) ; les molaires sont proportionnellement plus larges que chez les autres espèces ; les tubercules présentent de légères constrictions qui contribuent à les individualiser ; la M^2 possède un fort synclinal interne recourbé vers l'arrière et trois racines distinctes dont deux antérieures ; sur la M_2 le profond synclinide antéro-externe isole l'antéroconide du protoconide ; la M_3 possède une cuspide antéro-externe. Tous ces caractères peuvent être qualifiés de cricétoïdes. Cette forme semble être l'espèce la plus primitive de ce genre et aussi la plus ancienne. Elle sera décrite et nommée dans un travail en cours.

5. Le matériel de Wa-yao-po (Kansu, Chine), décrit par Young (1927) sous le nom de *Gerbillus matthewi* et rapporté par Schaub (1934) à *P. abbreviatus*, diffère un peu du matériel-type : molaires plus larges, M_2 avec synclinide antérieur profond. Il est possible que cette localité soit un peu plus ancienne que King-yan-fou, localité-type de *P. abbreviatus*. L'attribution spécifique de cette forme reste pour le moment en suspens.

RHIZOMYIDES Bohlin, 1946
(= *Rhizomyoides in* Black, 1972)

Espèce-type : *Rhyzomyides sivalensis* (Lydekker, 1884).

Chaline *et al.* (1977) distinguent trois sous-familles au sein des Rhizomyidae. L'une d'elles, Tachyoryctoidinae, regroupe les formes archaïques de l'Oligocène terminal et du Miocène d'Asie. La deuxième sous-famille, Rhizomyinae, renferme les genres asiatiques connus depuis le Miocène moyen jusqu'à nos jours. Enfin, la dernière sous-famille, Tachyoryctinae, est strictement africaine et semble être dérivée des Rhizomyinae asiatiques.

Black (1972) et Jacobs (1978) ont démontré que dans les Siwaliks deux lignées de Rhizomyinae évoluent parallèlement depuis le Chinji jusqu'au Tatrot, voire plus loin. L'une de ces lignées est composée par les genres *Kanisamys* et *Protachyoryctes*, tandis que l'autre est représentée uniquement par les espèces du genre *Rhizomyides*.

Rhizomyides a été créé par Bohlin (1946 : 68) pour distinguer *R. sivalensis* des espèces de *Rhizomys*. Plus tard, l'orthographe du genre de Bohlin a été modifiée sans raison apparente en *Rhizomyoides* (Black, 1972) ; dans tous les ouvrages postérieurs à 1972 on retrouve cette orthographe erronée.

Rhizomyides se caractérise par la présence de trois synclinides internes sur la M_2. Ce genre est connu du Miocène moyen au Pléistocène inférieur en Inde, Pakistan et Afghanistan.

Rhizomyides carbonnelli Brandy, 1979
(Fig. 77 à 82)

1979*a*. *Rhizomyoides carbonnelli* Brandy, p. 81, pl. I, fig. 3 et 4.
1979*c*. *Rhizomyoides carbonnelli* : BRANDY, p. 149-153, fig. 43 et 44.
1981. *Rhizomyoides carbonnelli* : BRANDY, p. 160, fig. 6 ; pl. 8, fig. 1 à 4.

HOLOTYPE : Mandibule droite avec I et M_1-M_3, figurée *in* BRANDY, 1979*a* et *c*. PEC 101.

LOCALITÉ-TYPE : Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan.

AUTRE MATÉRIEL : 2 M^2, 1M_1, 1 M_2, 4 M_3 et une dizaine de fragments dentaires. AFG 997 à1013.

DIAGNOSE : Taille inférieure à celle de *R. sivalensis* ; section des incisives inférieures plus longue que large, sans sillon antérieur ; mandibule massive, deux sillons internes à la M_3 (BRANDY, 1979*a* : 81).

DESCRIPTION

Le matériel étudié par BRANDY (1979*a* et *c*) comportait une mandibule avec des molaires très usées et une M^2. Le nouveau matériel, à peine plus abondant, permet de compléter surtout la description des molaires inférieures.

M^2 : De forme presque carrée, cette molaire a une couronne relativement élevée. Il faut souligner la différence de hauteur entre les faces interne et externe de la couronne. Il y a trois synclinaux externes ; le synclinal postérieur est en forme de croissant.

M_1 : Elle est un peu plus longue mais moins large que la M_2. D'après le nombre et l'emplacement des ilots d'émail, on pourrait conclure à la présence de trois synclinides internes et de deux synclinides externes.

M_2 : Elle est un peu plus large que longue. Les synclinides antérieur et central confluent avant d'atteindre la face linguale. Le synclinide postérieur est profond et transversal.

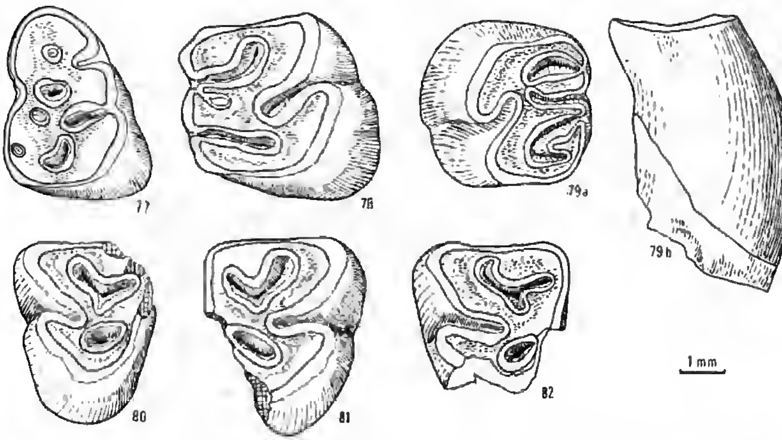


FIG. 77 à 82. — *Rhizomyides carbonnelli* Brandy de Pul-e Charkhi : 77, M_1 droite ; 78, M_2 droite ; 79, M^2 droite en vues occlusale et antérieure ; 80, M_3 gauche ; 81, M_3 droite ; 82, M_3 gauche (AFG 997 à 1002).

M_3 : Sa forme triangulaire permet de reconnaître cette molaire plus aisément que les autres. Elle ne possède que deux synclinides internes, représentés sur des spécimens de Pul-e Charkhi par des îlots. Le synclinide antérieur est en forme de « fer à cheval » sur tous les spécimens, quatre au total.

Rapports et différences

Brandy (1981 : 161-163) a minutieusement énuméré les différences entre le Rhizomyidé de Pul-e Charkhi et les différentes espèces des genres asiatiques, à savoir *Rhizomys*, *Pararhizomys*, *Brachyrhizomys*, *Kanisamys*, *Rhizomyides* et *Protachyoryctes*. Il en résulte que c'est avec les espèces de *Rhizomyides* que la forme de Pul-e Charkhi montre le plus d'affinités. Ce genre n'était connu que dans les Siwaliks depuis le Chinji jusqu'au Pinjor (Black, 1972).

R. carbonnelli se distingue de toutes les autres espèces de *Rhizomyides* soit par sa taille, soit par la forme des synclinides des molaires inférieures. Ces différences justifient le statut spécifique de la forme afghane. Il reste cependant que la plupart des espèces attribuées à *Rhizomyides* ne sont connues que par un matériel, très restreint et souvent fragmentaire, qui ne permet pas d'élucider les rapports phylétiques.

Black (1972) a énoncé quelques tendances évolutives de *Rhizomyides* : augmentation de la largeur relative des molaires, augmentation du diamètre antéro-postérieur des incisives, accroissement de l'hypsodontie. A la lumière de ces observations, « *R. carbonnelli* se situerait au-dessus de *R. nagrii*, au niveau de *R. pilgrimi* » (Brandy, 1981 : 163). De cette comparaison, Brandy dégage une conclusion biochronologique trop hâtive en écrivant que « *R. carbonnelli* indiquerait donc un âge équivalent approximativement au Turolien supérieur, peut-être au tout début du Pliocène ». En fait, *R. pilgrimi* a une morphologie dentaire singulièrement différente de celle de *R. carbonnelli* (voir Black, 1972, fig. 7), et sa répartition chronologique s'étend du Dhok Pathan jusqu'au Siwalik supérieur. Il semble que la grande variabilité inhérente au groupe des *Rhizomyides*, de même que l'insuffisance des documents paléontologiques limitent, pour le moment, l'utilisation de ce groupe à des fins chronologiques.

Famille Leporidae Gray, 1821

Tribu Alilepini Gureev, 1964

TRISCHIZOLAGUS Radulesco et Samson, 1967

Espèce-type : *T. dumitrescuae* Radulesco et Samson, 1967.

Autres espèces : *T. maritsae* de Bruijn *et al.*, 1970 ; *Hispanolagus crusafonti* Janvier et Montenat, 1971.

Distribution : Du Turolien supérieur au Villanyien. Espagne, Roumanie, Rhodes et Afghanistan.

DIAGNOSE ÉMENDÉE : P_3 à émail lisse et avec trigonide tétralobé à cause de ses trois sillons (flexides) d'importance inégale, hypoflexide profond tandis que mésoflexide court ou réduit en îlot ou même parfois absent. M_3 à deux lophides. P^2 pourvue au moins de deux sillons antérieurs.

Trischizolagus cf. **maritsae** de Bruijn, Dawson et Mein, 1970
(Fig. 83 à 91)

LOCALITÉ-TYPE : Maritsa, Rhodes, Grèce.

MATÉRIEL DE PUL-E CHARKHI : 6 incisives supérieures, 1 incisive inférieure, 1 D^3, 4 P^2, 13 fragments de molaires supérieures, 2 D_3, 1 D_4, 2 P_3, 4 fragments de molaires inférieures et d'autres fragments indéterminés. AFG 755 à 789.

DESCRIPTION

Le matériel appartenant à cette forme ne comporte que des dents isolées et des fragments de dents. De ce fait, il n'est pas aisé de reconnaître l'ordre des prémolaires et des molaires, hormis les P^2, P_3 et M_3.

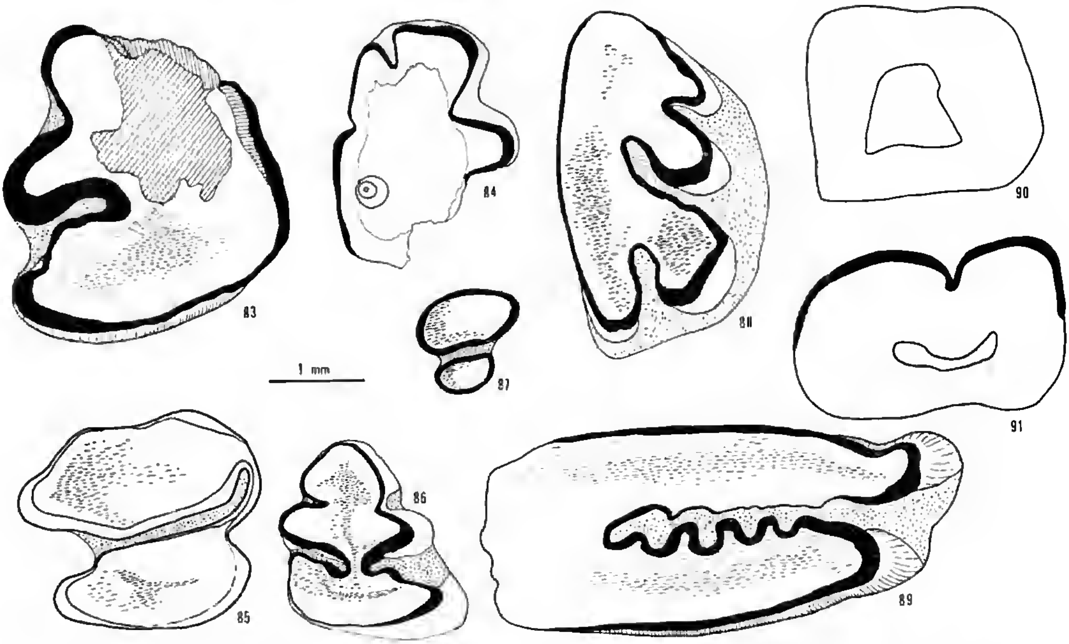


FIG. 83 à 91. — *Trischizolagus* cf. *maritsae* de Bruijn *et al.* de Pul-e Charkhi : 83, P_3 gauche, AFG 759 ; 84, P_3 gauche, vue inférieure, AFG 1015 ; 85, Molaire inférieure gauche, AFG 761 ; 86, D_3 droite, AFG 756 ; 87, M_3 gauche, AFG 765 ; 88, P^2 droite, AFG 766 ; 89, molaire supérieure droite, AFG 770 ; 90, section de l'incisive inférieure droite, AFG 783 ; 91, section de l'incisive supérieure gauche, AFG 785.

La terminologie dentaire utilisée pour la description du Léporidé de Pul-e Charkhi est celle élaborée et illustrée par LOPEZ MARTINEZ et THALER (1975, fig. 1). La D^3 est une dent à couronne basse, portée par trois racines. La surface occlusale montre des sillons qui rappellent le paraflexus et le mésoflexus de la P^3 de Leporidae primitifs.

La D_3 garde également le schéma primitif des Leporidae. Ses mésoflexide et hypoflexide, l'un aussi profond que l'autre, séparent le talonide du trigonide. Par ailleurs, les deux sillons latéraux du trigonide individualisent plus ou moins l'antéroconide.

L'incisive inférieure a une section presque carrée tandis que l'incisive supérieure est de section rectangulaire et possède un profond sillon antérieur.

La P^2 est plus petite que les autres prémolaires et molaires supérieures. La face antérieure du fût est convexe. Trois sillons (flexus) antérieurs parcourent cette face depuis la base jusqu'à la table d'usure. Cette face et les flexus sont abondamment couverts de cément.

Les autres prémolaires et molaires sont représentées, dans le matériel, par plus d'une dizaine de fragments. Elles se caractérisent par leur long fût recourbé et par le mésoflexus à émail plissé.

La P_3 n'est représentée que par deux spécimens relativement abîmés. Elle possède un profond hypoflexide qui sépare le talonide du trigonide. Le mésoflexide n'est observé que sur une P_3, où il est en forme d'îlot. Le trigonide est tétralobé à cause de ses trois sillons d'importance inégale qui se poursuivent sur toute la hauteur de la dent.

Les molaires inférieures sont bilobées. Le talonide est moins volumineux et moins haut que le trigonide.

La M_3 est divisée en deux lophides. Le lophide postérieur est particulièrement réduit.

RAPPORTS ET DIFFÉRENCES

Les Leporidae arrivent en Eurasie au Miocène supérieur. Les premiers Leporidae eurasiatiques, au demeurant très mal connus, ont été trouvés dans des gisements d'âge vallésien d'Europe occidentale. Au Turolien, les représentants de la tribu Alilepini (GUREEV, 1964) se rencontrent un peu partout, en Europe et en Asie.

D'après RADULESCO et SAMSON (1967), cette tribu engendre dès le Turolien deux lignées évolutives séparées : la première est le groupe avec P_3 à émail lisse (*Alilepus*, *Trischizolagus*, *Serengetilagus*, « *Caprolagus* » *brachypus* Young) et la seconde lignée renferme les formes avec P_3 à émail plissé (*Veterilagus*, *Pliopentalagus*, *Pratilepus*, *Nekrolagus*).

Dans le premier groupe, les caractères qui distinguent *Trischizolagus* et *Alilepus* sont les caractères apomorphes du premier genre : la présence de trois sillons (flexides) sur le trigonide et la réduction du mésoflexide sur la P_3.

Les P_3 de Pul-e Charkhi présentent aussi ces mêmes caractères, et par tous les traits de sa denture la forme afghane se range parmi les espèces de *Trischizolagus*.

L'espèce-type de ce genre, *T. dumitrescuae*, n'est connue que par ses dents inférieures. Elle se distingue de la forme de Pul-e Charkhi par la silhouette plus symétrique et par le mésoflexide plus profond de la P_3.

Comme N. LOPEZ MARTINEZ (1977 : 33) l'a constaté, « *Hispanolagus* » *crusafonti* Janvier et Montenat, 1971, doit être rapporté au genre *Trischizolagus*. Bien que les figures données par JANVIER et MONTENAT laissent penser à une forme morphologiquement assez

différente de *T. dumitrescuae*, l'examen du matériel de la localité-type, La Alberca, permet de constater d'étroites ressemblances avec cette espèce. En fait, la P_3 de La Alberca a une forme allongée, les plissements de la lèvre postérieure de l'hypoflexide sont très faibles ou absents, mais jamais forts comme c'est le cas sur les figures données par ces auteurs ; de même, en raison du mauvais état de conservation du matériel, ces auteurs n'ont pas figuré le mésoflexide de la P_3 ; cependant ce sillon, bien que faible, s'observe sur toute la hauteur de la dent.

Trischizolagus crusafonti se distingue du Léporidé de Pul-e Charkhi par son incisive inférieure de section rectangulaire, par sa P_3 de contour plus arrondi et par sa P^2 à sillons moins profonds.

T. maritsae provient du Ruscinien inférieur de Rhodes. Les prémolaires et les molaires inférieures de Pul-e Charkhi ne présentent aucune différence notable avec celles de cette espèce. Par contre, l'unique P^2 de Maritsa possède deux sillons antérieurs peu profonds, contrairement à la P^2 de Pul-e Charkhi qui possède trois sillons profonds. Pour le moment, le matériel fragmentaire de Pul-e Charkhi n'offre pas assez de caractères propres pour justifier la création d'une espèce nouvelle. Le Léporidé de Pul-e Charkhi est donc rapporté à *T.* cf. *maritsae*, espèce dont il est, sans doute, assez proche.

CONCLUSIONS

A — Composition de la faune de Pul-e Charkhi

Compte tenu des travaux antérieurs (Brunet *et al.*, 1979 ; Heintz et Thomas, 1981 ; Brandy, 1981) et du présent travail, la liste faunique de Pul-e Charkhi s'établit comme suit :

Poissons			Poisson indét.
Amphibiens	Anura		Anura indét.
Reptiles	Serpentes	Colubridae	Colubridae indét.
Mammifères	Carnivora	Canidae	cf. *Vulpes* sp.
	Proboscidea		cf. *Anancus* sp.
	Artiodactyla	Bovidae	Bovidé indét. de petite taille
			Bovidé indét. de taille moyenne
			Kabulicornis ahmadi Heintz et Thomas, 1981
		Giraffidae	Giraffidé indét. de petite taille
	Insectivora	Soricidae	Soricidae indét. I et II
	Lagomorpha	Leporidae	*Trischizolagus* cf. *maritsae* de Bruijn *et al.*, 1970
	Rodentia	Muridae	*Apodemus dominans* Kretzoi, 1959
			Mus elegans n. sp.
			Saidomys afghanensis (Brandy, 1979)
			Saidomys ? *transversus* n. sp.
			Parapelomys charkhensis Brandy, 1979
		Gerbillidae	*Protatera kabulense* n. sp.
			Pseudomeriones abbreviatus (Teilhard, 1926)
		Rhizomyidae	*Rhizomyides carbonnelli* Brandy, 1979

Le gisement de Pul-e Charkhi renferme donc six espèces de grands Mammifères et onze espèces de petits Mammifères. La liste de grands Mammifères, dont les restes sont rares et fragmentaires, semble être incomplète. En revanche les petits Mammifères, très abondants, fournissent une meilleure image de la composition de cette faune. Ils sont représentés par trois ordres : Insectivores (56 spécimens), Lagomorphes (48 spécimens) et Rongeurs (787 molaires numérotées et plus d'un millier de fragments de molaires et d'incisives).

Les Rongeurs sont représentés par huit espèces. Six d'entre elles ne sont connues, pour le moment, que sur le territoire afghan. Le nombre élevé d'espèces nouvelles (six sur huit) ne doit pas surprendre dans une étude qui concerne une région géographique quasi inexplorée au point de vue paléontologique.

Les huit espèces se répartissent sur trois familles ; décomptés en nombre minimum d'individus, les Muridae représentent 62 %, les Gerbillidae 35 % et les Rhizomyidae 3 % des Rongeurs. Parmi les espèces, c'est *Parapelomys charkhensis* (38 %) et *Pseudomeriones abbreviatus* (28 %) qui sont le plus fortement représentés (voir tabl. X).

Tableau X. — Composition numérique de la faune de Rongeurs de Pul-e Charkhi.

Rongeurs de Pul-e Charkhi	Spécimens		Individus	
	Nombre	%	Nombre minimum	%
Mus elegans n. sp.	23	2,92	5	5
Apodemus dominans	10	1,27	4	4
Parapelomys charkhensis	338	42,95	38	38
Saidomys afghanensis	130	16,52	13	13
Saidomys ? transversus n. sp.	6	0,76	2	2
Protatera kabulense n. sp.	49	6,23	7	7
Pseudomeriones abbreviatus	215	27,32	28	28
Rhizomyides carbonnelli	16	2,03	3	3
Total	787	100	100	100

Le fait surprenant est que les Rongeurs, malgré leur abondance, ne soient représentés que par trois familles. En effet, aucun reste de Sciuridae, Gliridae, Cricetidae et Ctenodactylidae, etc., n'a été trouvé à Pul-e Charkhi. Rappelons que ces familles sont relativement bien représentées dans les faunes du Nagri et du Dhok Pathan des Siwalik du Pakistan (Flynn et Jacobs, 1982). Par ailleurs, les faunes de Rongeurs d'âge Turolien et Ruscinien de Grèce, d'Anatolie et de Chine renferment, en général, un plus grand nombre de familles qu'à Pul-e Charkhi. La présence de peu de familles apparaît donc comme une caractéristique de la faune de Pul-e Charkhi. Cette même caractéristique existe aussi dans les autres faunes de Rongeurs néogènes d'Afghanistan, du moins d'après l'état actuel des connaissances.

B — Âge de la faune

Les recherches effectuées depuis 1976 ont fourni un premier aperçu des faunes de Mammifères néogènes d'Afghanistan. Une échelle biochronologique locale comportant huit niveaux et s'étendant du Vallésien supérieur au Ruscinien supérieur a été établie (Brunet *et al.*, 1981). Dans cette échelle, la faune de Pul-e Charkhi est placée dans le Ruscinien inférieur. Plusieurs observations fournissent des arguments en faveur d'une telle datation.

D'abord il faut souligner que, mis à part *Saidomys afghanensis*, aucun des Rongeurs et Lagomorphes de Pul-e Charkhi n'existe dans les gisements (Sherullah, Ghazgay, Molayan, Malang) du Miocène supérieur d'Afghanistan. *Saidomys afghanensis* de Pul-e Charkhi existe aussi dans les lignites du sommet de la coupe de Malang, c'est-à-dire dans un niveau légèrement plus ancien que celui de Pul-e Charkhi. Enfin, *S. afghanensis* est présent à Dawrankhel 14 et 15, gisements un peu plus récents que Pul-e Charkhi.

En second lieu il faut insister sur la présence d'*Apodemus dominans* à Pul-e Charkhi alors que les gisements du Miocène supérieur (Sherullah, Ghazgay, Malang) renferment *Parapodemus*. Il faut souligner que la population d'*Apodemus* de Pul-e Charkhi n'est pas composée d'un mélange de morphotypes (*Parapodemus* et *Apodemus*) comme c'est le cas pour divers gisements turoliens d'Europe (Mein, 1978 ; Van de Weerd et de Bruijn, 1978) ; elle correspond à un stade évolutif plus avancé (*Apodemus dominans*) qui n'est connu que dans les gisements rusciniens.

Le genre *Pseudomeriones* contribue aussi à fixer l'âge de la faune de Pul-e Charkhi. Ce genre connu actuellement par quatre espèces a une répartition stratigraphique qui s'étend du Turolien moyen au Ruscinien supérieur. La morphologie des molaires permet de distinguer au moins trois, voire quatre stades évolutifs. Le premier est représenté par *Pseudomeriones* n. sp. de Molayan ; ce gisement est d'âge Turolien moyen (Brunet *et al.*, 1981). *P. abbreviatus* qui a une morphologie dentaire plus évoluée représente le deuxième stade ; les faunes qui renferment cette espèce (King-yan-fou, Pul-e Charkhi, Ano Metechi 3) seraient à cheval sur le Turonien supérieur et le Ruscinien inférieur. A cette occasion, il faut souligner que l'âge « pontien » recouvre, dans la biochronologie d'Asie orientale, le début du Pliocène (Qiu, *comm. pers.*, 1981). La troisième espèce, *P. rhodius* de Maritsa, est une forme légèrement spécialisée du Ruscinien inférieur, qui possède encore de nombreux traits de *P. abbreviatus*. Enfin, le dernier stade évolutif est celui de *P. tchaltaensis* du Ruscinien supérieur d'Anatolie ; cette espèce représente, d'après les données actuelles, le terme ultime de la lignée *Pseudomeriones*. En somme, *Pseudomeriones* de Pul-e Charkhi indique un âge qui va du Turolien supérieur au Ruscinien inférieur.

Il en est de même avec *Trischizolagus* qui provient des gisements d'âge Turolien supérieur et Ruscinien. La forme de Pul-e Charkhi, *T.* cf. *maritsae*, est plus proche des formes rusciniennes que des formes turoliennes.

Au terme de cette discussion, il convient de placer la faune de Pul-e Charkhi dans le Ruscinien inférieur, soit à un âge d'environ —5 millions d'années.

C — Biogéographie

Malgré les recherches effectuées durant la dernière décennie, les Rongeurs néogènes d'Afghanistan et des régions limitrophes demeurent relativement trop peu connus pour nous fournir des indications précises sur la biogéographie de ces régions. Cependant, les données existantes et l'étude de cette riche faune de Pul-e Charkhi permettent de dégager quelques résultats préliminaires.

La faune de Micromammifères de Pul-e Charkhi est composée à la fois d'éléments autochtones et d'éléments à vaste répartition géographique. Parmi les éléments autochtones, on peut compter *Rhizomyides* dont la sous-famille n'est connue que dans le sous-continent indien et en Chine, *Parapelomys charkhensis* et aussi *Mus elegans* n. sp. en raison de ses affinités avec *Mus booduga* actuel.

Les éléments à vaste répartition géographique sont plus nombreux : les deux Gerbillidae de cette faune indiquent des relations biogéographiques d'une part avec le Maghreb et l'Espagne (*Protatera*), d'autre part avec la région égéenne et l'Asie de l'Est (*Pseudomeriones*).

Pour les genres *Apodemus* et *Trischizolagus*, le gisement afghan apparaît comme le point le plus oriental de leurs aires de répartition pendant le Néogène. En effet, *A. dominans* et le genre *Trischizolagus* n'étaient connus jusqu'à présent qu'en Europe et en Anatolie.

Saidomys afghanensis est une espèce dérivée du groupe *Karnimata* du Miocène supérieur du Pakistan et de l'Afghanistan. Les deux autres espèces de ce genre, *S. natrunensis* et *S. afarensis*, proviennent respectivement d'Égypte et d'Éthiopie. Brandy *et al.* (1980) ont rapporté à ce genre « *Arvicanthis* » *magnus* de Hadji Rona, Afghanistan ; nous avons démontré ci-dessus qu'il s'agit en fait d'un genre différent, toutefois apparenté à *Saidomys*. La présence de *Saidomys*, mais aussi de *Golunda* et *Millardia* dans les gisements est-africains a incité Brandy *et al.* (1980) à définir une nouvelle province biogéographique (fin-Miocène et début Pliocène) qui s'étendrait du Pakistan à l'Afrique de l'Est. La définition de cette « nouvelle province biogéographique », basée seulement sur trois genres de Muridae, semble être prématurée, dans la mesure où, comme nous l'avons vu plus haut, la plupart des Rongeurs de Pul-e Charkhi suggèrent des relations biogéographiques bien plus vastes.

Une comparaison entre Pul-e Charkhi et les faunes d'âge à peu près équivalent des Siwaliks du Pakistan montre d'importantes différences malgré la proximité géographique. Seuls les genres *Mus*, *Parapelomys* et *Rhizomyides* existent de part et d'autre mais leurs espèces diffèrent. Cette importante différence dans la composition des faunes afghane et pakistanaise s'explique peut-être par une différence de paléoenvironnement (Heintz et Brunet, 1982).

D — Paléoenvironnement

L'interprétation de la faune de Pul-e Charkhi en termes de paléoenvironnement soulève des questions que nous évoquons ici succinctement. Est-ce que la faune de Pul-e Charkhi,

avec ses 62 % de Muridae, 35 % de Gerbillidae et 3 % de Rhizomyidae, reflète fidèlement la composition faunique originelle ? L'absence totale de nombreuses familles de Rongeurs (Cricetidae, Gliridae, Sciuridae, etc.) est surprenante et pourrait indiquer l'intervention de facteurs susceptibles de tronquer la composition originelle. Est-ce qu'une action sélective des Rapaces, prédateurs qui sont responsables de la présence d'une partie et peut-être de la totalité des Rongeurs dans la paléofaune de Pul-e Charkhi, peut expliquer une telle composition ? Cette question reste posée. Si l'on s'en tient aux faits d'observation l'abondance relative des Muridae et des Gerbillidae indiquerait pour Pul-e Charkhi un milieu ouvert de steppe ou de savane herbacée, complété par la présence de forêt-galerie le long des cours d'eau.

Remerciements

Cette étude a été réalisée au LA 12, Institut de Paléontologie du Muséum, où j'ai bénéficié d'une aide matérielle et intellectuelle. La récolte et le lavage-tamisage du sédiment ont été effectués au printemps 1978 par le groupe « Vertébrés » (M. Brunet, J. L. Hartenberger et E. Heintz) de la Mission Permanente du CNRS à Kabul. Les conseils et les critiques constructifs de E. Heintz m'ont permis de mener à bien cette étude ; de même, c'est encore lui qui a bien voulu relire le manuscrit. Des discussions avec L. J. Flynn, et les moulages envoyés par L. L. Jacobs m'ont aidé à mieux connaître les Rongeurs fossiles des Siwaliks du Pakistan. Mmes J. Sevrin et S. Guignès ont dactylographié le manuscrit.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Armour-Brown, A., H. de Bruijn, C. Maniati, G. Siatos et P. Niesen, 1979. — The geology of the Neogene sediments North of Serrai, and the use of rodent faunas for biostratigraphic control. VI. Coll. Geol. Aegean region, Athens, 1977, Proc. vol. II : 615-622, 6 fig.

Bate, D. M. A., 1942. — Pleistocene Murinae from Palestine. *Ann. Mag. nat. Hist.*, London, **55** (9) : 465-486, 7 fig.

Black, C. C., 1972. — Review of fossil rodents from the Neogene Siwalik beds of India and Pakistan. *Palaeontology*, London, **15** (2) : 238-266, 11 fig.

Bohlin, B., 1946. — The fossil mammals from the Tertiary deposit of Taben-buluk, Western Kansu. Part II : Simplicidentata, Carnivora, Artiodactyla, Perissodactyla and Primates. *Palaeont. sin.*, Stockholm, *n.s.*, 86, whole ser. 123b : 1-259, 90 fig., 9 pl.

Brandy, L. D., 1979*a*. — Rongeurs nouveaux du Néogène d'Afghanistan. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, D, **289** : 81-83, 2 pl.

— 1979*b*. — Données sur la succession des faunes de Rongeurs du Néogène de l'Afghanistan. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, D, **289** : 269-270.

— 1979*c*. — Étude de Rongeurs muroïdes du Néogène supérieur et du Quaternaire d'Europe, d'Afrique du Nord et d'Afghanistan. Évolution, biogéographie, corrélations. Thèse 3e cycle, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier : 190 p., 44 fig., 21 tabl., 10 pl.

— 1981. — Rongeurs muroïdés du Néogène supérieur d'Afghanistan. Évolution, biogéographie, corrélations. *Palaeovertebrata*, Montpellier, **11** (4) : 133-179, 7 fig., 10 pl., 4 tabl.

Brandy, L. D., M. Sabatier et J. J. Jaeger, 1980. — Implications phylogénétiques et biogéographiques des dernières découvertes de Muridae en Afghanistan, au Pakistan et en Éthiopie. *Géobios*, Lyon, **13** (4) : 639-643, 1 fig., 1 tabl.

Brunet, M., J. P. Carbonnel, E. Heintz et S. Sen, 1980. — Première découverte de Vertébrés dans les formations continentales de Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan. Implications stratigraphiques. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 4e sér., **2**, sect. C, (3) : 277-285, 1 fig.

Brunet, M., E. Heintz et S. Sen, 1981. — Datations paléontologiques et séquence biochronologique dans le Néogène continental d'Afghanistan. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. 3, **293** : 305-308, 1 fig., 1 tabl.

Chaline, J., P. Mein et F. Petter, 1977. — Les grandes lignes d'une classification évolutive des Muroïdea. *Mammalia*, Paris, **41** (3) : 245-252.

De Bruijn, H., M. R. Dawson et P. Mein, 1970. — Upper Pliocene Rodentia, Lagomorpha and Insectivora (Mammalia) from the Isle of Rhodes (Greece). I, II and III. *Proc. K. Ned. Akad. Wet.*, Amsterdam, B, **73** (5) : 535-584, 5 fig., 11 pl.

De Bruijn, H., 1974. — The Ruscinian rodent succession in Southern Spain and its implications for the biostratigraphic correlation of Europe and North Africa. *Senckenberg. leth.*, Frankfurt, **55** (1/5) : 435-443, 3 fig., 2 pl.

Ellerman, J. R., 1941. — The families and genera of living Rodents. Vol. II. Muridae. *Trustees Brit. Mus.*, London : 690 p., 50 fig.

Flynn, L. J., et L. L. Jacobs, 1982. — Effects of changing environments on Siwalik rodent faunas of Northern Pakistan. *Palaeogeogr., Palaeoclim. Palaeoecol.*, Amsterdam, **38** : 129-138, 3 fig.

Flynn, L. J., E. Heintz, S. Sen et M. Brunet (*sous presse*). — A new Tachyorictine (Rhizomyidae, Rodentia) from Lataband, Sarobi basin, Afghanistan. *Proc. K. Ned. Akad. Wet.*, Amsterdam : 9 p., 2 fig., 1 pl.

Gureev, A. A., 1964. — Les lièvres (Lagomorpha) (en russe). *Akad. Nauk. Fauna SSSR.* Mammifères, Moscou, **3** (10) : 276 p., 129 fig.

Heintz, E., et M. Brunet, 1982. — Une barrière géographique entre le sous-continent indien et l'Eurasie occidentale pour les faunes continentales du Miocène supérieur. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, II, **294** : 477-480, 1 fig., 1 tabl.

Heintz, E., M. Brunet, B. Battail, A. Bljeck, D. Brandy, Y. Jehenne et S. Sen, 1979. — Résultats biochronostratigraphiques dans le Néogène continental d'Afghanistan. 7e Réunion annuelle des Sciences de la Terre, Lyon : 249.

Heintz, E., et H. Thomas, 1981. — Un nouveau Bovidé. *Kabulicornis ahmadi* gen. nov., sp. nov., dans le gisement pliocène de Pul-e Charkhi, bassin de Kabul, Afghanistan. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 4e sér., **3**, sect. C, (1) : 31-44, 2 pl.

Jacobs, L. L., 1978. — Fossil rodents (Rhizomyidae, Muridae) from Neogene Siwalik deposits, Pakistan. *Bull. Mus. nth. Ariz.*, Flagstaff, **52** : 103 p., 37 fig.

Jaeger, J. J., 1976. — Les Rongeurs (Mammalia, Rodentia) du Pléistocène inférieur d'Olduvai bed I (Tanzanie). Ire partie : les Muridae. *Foss. Vert. Afr.*, London, **4** : 57-120, 16 fig., 3 pl., 15 tabl.

— 1977. — Les Rongeurs du Miocène moyen et supérieur du Maghreb. *Palaeovertebrata*, Montpellier, **8** (1) : 1-166, 33 fig., 7 pl., 37 tabl.

James, G. T., et B. H. Slaughter, 1974. — A primitive new Middle Pliocenem urid from Wadi el Natrum, Egypt. *Annl. Geol. Surv. Egypt*, Cairo, **4** : 333-362, 8 fig., 4 tabl.

Janvier, Ph., et Ch. Montenat, 1970. — Le plus ancien Léporidé d'Europe occidentale, *Hispanolagus crusafonti* nov. gen. nov. sp. du Miocène supérieur de Murcia (Espagne). *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 2e sér., **42** (4) : 780-788, 5 fig.

Jotterand, M., 1972. — Le polymorphisme chromosomique des *Mus* (*Leggada*) africains. Cytogénétique, zoogéographie, évolution. *Revue suisse Zool.*, Genève, **79** : 287-359, 91 fig.

Lopez Martinez, N., et L. Thaler, 1975. — Biogéographie, évolution et compléments à la systématique du groupe d'Ochotonidés *Piezodus-Prolagus* (Mammalia, Lagomorpha). *Bull. Soc. géol. Fr.*, Paris, sér. 7, **17** (5) : 850-866, 6 fig., 3 pl.

Lopez Martinez, N., 1977. — Revision sistematica y biostratigrafica de los Lagomorpha (Mammalia) del Neogeno y Cuaternario de Espana. Thèse Univ. Madrid : 469 p., 67 fig., 24 pl.

Marshall, J. T., 1977. — A synopsis of Asian species of *Mus* (Rodentia, Muridae). *Bull. Am. Mus. nat. Hist.*, New York, **158** (3) : 173-220, 34 fig.

Matthey, R., 1966. — Le polymorphisme chromosomique des *Mus* africains du sous-genre *Leggada*. Révision générale portant sur l'analyse de 213 individus. *Revue suisse Zool.*, Genève, **73** : 585-607, 4 fig., 4 tabl.

Mayhew, D. F., 1977. — Avian predators as accumulators of fossil mammal material. *Boreas*, Oslo, **6** : 25-31, 3 fig.

Mein, P., 1978. — A propos de *Mus gaudryi* (Mammalia, Rodentia) et des premiers *Apodemus* (*A. primaevus* et *A. gudrunae*) du Miocène supérieur européen. *Géobios*, Lyon, **11** (3) : 389-392, 1 fig.

Misonne, X., 1969. — African and Indo-Australian Muridae. Evolutionary trends. *Annls Mus. r. Afr. cent.*, Zool., Tervuren, sér. 8, **172** : 213 p., 11 fig., 27 pl.

Petter, F., 1959. — Évolution du dessin de la surface d'usure des molaires des Gerbillidés. *Mammalia*, Paris, **23** (3) : 304-315, 5 fig.

— 1963. — Contribution à la connaissance des souris africaines. *Mammalia*, Paris, **27** (4) : 602-607, 4 fig.

— 1969. — Une souris nouvelle d'Afrique occidentale *Mus mattheyi* sp. nov. *Mammalia*, Paris, **33** (1) : 118-123, 2 fig.

— 1973. — Tendances évolutives dans le genre *Gerbillus* (Rongeurs, Gerbillidés). *Mammalia*, Paris, **37** (4) : 631-636, 2 fig.

Pocock, T. N., 1976. — Pliocene mammalian microfauna from Langebaanweg : a new fossil genus linking the Otomyinae with the Murinae. *S. Afr. J. Sci.*, Johannesburg, **72** : 58-60, 8 fig., 2 tabl.

Radulesco, C., et P. Samson, 1967. — Contributions à la connaissance du complexe faunique de Malusteni-Beresti (Pléistocène inférieur), Roumanie. I. Ord. Lagomorpha, Fam. Leporidae. *Neues Jb. Geol. Paläont. Mh.*, Stuttgart, **9** : 544-563, 3 fig.

Sabatier, M., 1979. — Les Rongeurs des sites à Hominidés de Hadar et Melka Kunture (Éthiopie). Thèse 3e cycle, Univ. Sci. Tech. Languedoc, Montpellier : 122 p., 38 fig., 5 pl.

— 1982. — Les Rongeurs du site pliocène à Hominidés de Hadar (Éthiopie). *Palaeovertebrata*, Montpellier, **12** (1) : 1-56, 26 fig. 4 pl.

Schaub, S., 1934. — Über einige fossile Simplicidentaten aus China und der Mongolei. *Abh. schweiz. paläont. Ges.*, Basel, **54** : 1-40, 31 fig., 1 pl.

Sen, S., 1977. — La faune de Rongeurs pliocènes de Calta (Ankara, Turquie). *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 3e sér., nº 465, Sci. Terre 61 : 89-172, 5 fig., 14 pl., 9 tabl.

Sen, S., M. Brunet et E. Heintz, 1979. — Découverte de Rongeurs « africains » dans le Pliocène d'Afghanistan (bassin de Sarobi). Implications paléobiogéographiques et stratigraphiques. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 4e sér., **1**, sect. C, (1) : 65-75, 3 fig.

Slaughter, B. H., et G. T. James, 1979. — *Saidomys natrunensis*, an arvicanthine rodent from the Pliocene of Egypt. *J. Mammal.*, Ann Arbor, **60** (2) : 421-425, 1 fig., 2 tabl.

Tchernov, E., 1968. — Succession of rodent faunas during the Upper Pleistocene of Israel. *Mamm. depicta*, Verlag Paul Parey, Hamburg : 152 p., 130 fig., 40 tabl.

Teilhard de Chardin, P., 1926. — Description de Mammifères tertiaires de Chine et de Mongolie. *Annls Paléont.*, Paris, **15** : 3-52, 25 fig., 5 pl.

Van de Weerd, A., et H. de Bruijn, 1978. — On the type species of the genus *Parapodemus* and late Turolian *Apodemus* associations. *Géobios*, Lyon, **11** (6) : 921-923.

Young, C. C., 1927. — Fossile Nagetiere aus Nord China. *Palaeont. sin.*, Peking, C, **5** (3) : 1-82, 3 pl.

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., 5, 1983,
section C, n° 1 : 75-111.

Biostratigraphie du Dévonien inférieur du Spitsberg : données complémentaires sur les Hétérostracés (Vertébrés, Agnathes) du Groupe de Red Bay

par Alain Blieck

Résumé. — Le Groupe de Red Bay, dans la partie inférieure du Dévonien du Spitsberg, est divisé en quatorze biozones d'association où l'élément dominant est constitué par les Hétérostracés. L'auteur fournit et illustre la liste faunique de chacune de ces biozones puis précise leurs corrélations avec celles de l'Old Red Sandstone inférieur de Grande-Bretagne. Cependant, le problème de la limite Silurien-Dévonien dans les deux ensembles pose encore problème.

Abstract. — The Red Bay Group, in the Lower Devonian series of Spitsbergen, has been divided into fourteen biozones where the heterostracans are the main faunal component. For each biozone, the different taxa are listed and illustrated. Then the correlation with the Lower Old Red Sandstone series of Britain is more precisely settled, but the question of the Silurian-Devonian boundary in both series remains problematical.

A. Blieck, *Muséum national d'Histoire naturelle, Institut de Paléontologie, LA 12 du CNRS, 8, rue Buffon, F-75005 Paris.*

Introduction

La biostratigraphie du Dévonien inférieur du Spitsberg est fondée essentiellement sur les Vertébrés (Hétérostracés, Thélodontes, Ostéostracés, Acanthodiens...), dont l'assemblage le plus ancien provient de l'horizon *Psammosteus*, dans la partie inférieure du Groupe de Red Bay (voir Kiaer & Heintz, 1935 : 11-13, fig. 1 ; Blieck & Heintz, 1979, fig. 3-4 pour l'emplacement des localités). Sous ce niveau, quelques éléments de datation ont été fournis par des plantes : le Groupe de Siktefjellet, à la base de la série, le Conglomérat de Red Bay et les Grès du Glacier Andrée, à la base du Groupe de Red Bay, seraient ainsi datés du tout début du Dévonien (voir fig. 4 et 5 et p. 96 : Murašcov & Mokin, 1979). Au-dessus de cet ensemble, le reste du Groupe de Red Bay (Formations de Fraenkelryggen et du Ben Nevis) est divisé en quatorze horizons au sein desquels l'élément le plus significatif est constitué par les Hétérostracés (treize genres sur une trentaine). Jusqu'à présent, les données taxonomiques disponibles ont permis d'établir une synthèse au niveau générique (Blieck & Heintz, 1979 ; Blieck *et al.*, *sous presse*).

L'objet de cette note est de compléter ces données et d'établir une biozonation des Hétérostracés au niveau spécifique. En outre, pour certains niveaux, sera fournie la liste

des autres composantes de l'ichthyofaune (Thélodontes, Ostéostracés, Acanthodiens...) afin d'en avoir une image aussi complète que possible. Signalons néanmoins que seules seront prises en compte les localités situées à l'est du Raudfjord (localités n°s 1 à 12, Blieck & Heintz, 1979, fig. 4 ; les numéros en tête de chacun des paragraphes qui suivent correspondent aux numéros des horizons). Le tout est confronté à l'échelle-type des Old Red Sandstones inférieurs de Grande-Bretagne.

Abréviations

Légendes des figures : *c*, cassures ; *D(r)*, partie rostrale du bouclier dorsal ; *ld*, pores externes du canal médiodorsal ; *orb.*, orbite (ou encoche orbitaire) ; *pi.*, région « pinéale » ; *pic.*, pores externes du canal « pinéal » ; *soc.*, pores externes du canal supra-orbitaire.

Dimensions : *laO*, largeur orbitaire ; *laR* largeur rostrale ; *laT*, largeur du bouclier dorsal ; *loC*, longueur cornuale ; *loO*, longueur orbitaire ; *LoP*, longueur pinéale ; *LoR*, longueur rostrale ; *LoT*, longueur du bouclier dorsal ; *ri/mm*, nombre de rides de dentine par millimètre.

Sigles : MEB, microscope électronique à balayage ; MNHN, Muséum national d'Histoire naturelle, Paléontologie ; PMO, Paleontologisk Museum, Oslo.

I. LES FAUNES

1. Horizon *Psammosteus*

L'horizon *Psammosteus* est le niveau fossilifère à Vertébrés le plus bas dans la série dévonienne qui affleure au nord-ouest du Spitsberg. Sa faune ichthyologique présente de ce fait une importance particulière pour corréler cette série avec l'échelle stratigraphique-standard de l'Old Red Sandstone inférieur de Grande-Bretagne et avec les séries équivalentes des régions arctiques.

Les études antérieures sur ce matériel ont repéré un assemblage composé essentiellement d'Hétérostracés et d'Ostéostracés : *Corvaspis kingi* Woodward (*in* Dineley, 1955), *Traquairaspis* cf. *pococki* (White ; *in* Goujet, 1978 : 7) [1], cf. *Ctenaspis* (Denison, 1956 : 400-401), *Protopteraspis* ? (Blieck & Heintz, 1979 : 172), *Cephalaspis corystis* Wängsjö (1952 : 573 ; espèce-type de *Machairaspis* Janvier, 1980) et *Cephalaspis* sp. indet. (Wängsjö, 1952 : 426). Le dégagement mécanique et chimique de nouvelles pièces récoltées au cours de l'expédition française au Svalbard, en 1969, permet de modifier et de compléter cette liste faunique : les spécimens désignés jusqu'à présent par « cf. *Ctenaspis* » et « *Protopteraspis* ? » semblent appartenir à un seul taxon, nouveau pour le Spitsberg, *Daealaspis tuberculata* n. gen. & n. sp., dont on connait des équivalents dans l'Arctique canadien ; d'autre part, des microrestes (écailles et fragments de carapace) de Thélodontes (*Nikolivia* ? et Turiniidae), d'Hétérostracés (voir ci-dessous), d'Ostéostracés, d'Acanthodiens (cf. *Nostolepis*) et de Placodermes (Radotinida ?) ont été isolés (cf. Blieck *et al.*, *sous presse*).

1. C'est ce taxon, préalablement rapporté au genre *Psammosteus* (cf. Kiaer & Heintz, 1935 : 12) qui a donné son nom à l'horizon, où il est particulièrement abondant.

Ordre TRAQUAIRASPIDIFORMES Tarlo, 1962

DÉFINITION : Cf. TARLO (1962 : 262), emend. DINELEY & LOEFFLER (1976 : 17 : « Traquairaspididae »).

Famille TRAQUAIRASPIDIDAE Kiaer, 1932 (Traquairaspidae)

DÉFINITION : Comme pour l'ordre.

GENRE-TYPE : *Traquairaspis* Kiaer, 1932.

AUTRES GENRES : *Yukonaspis* Obruchev, 1964, *Traquairaspis* ? Dineley & Loeffler, 1976, et aussi probablement *Weigeltaspis* Brotzen, 1933.

Genre **TRAQUAIRASPIS** Kiaer, 1932

DÉFINITION : Cf. KIAER (1932 : 25-26), emend. WHITE (1950*a* : 55 ; 1946 : 236-237 : « *Phialaspis* »).

ESPÈCE-TYPE : *Cyathaspis campbelli* Traquair, 1913, synonyme de *Phialaspis pococki* sub.-sp. *cowiensis* White, 1946.

AUTRES ESPÈCES : *T. pococki* (White, 1946), *T. symondsi* (Lankester, 1868), *T. denisoni* Dineley, 1964.

Traquairaspis cf. **pococki** (White, 1946)

L'horizon *Psammosteus* a livré un certain nombre de fragments de disques ventraux (MNHN n^{os} SVD 781 et 792-796 ; PMO n° D 1838 ; pl. 1, 1-2) à aire centrale lisse et marges ornées de tubercules plus ou moins longs, comme sur les *Traquairaspis* de Grande-Bretagne [*T. campbelli* (Traquair, 1913) = « *Phialaspis pococki* sub.-sp. *cowiensis* » White (1946 ; 1950*a* : 55) ; *T. pococki* (White, 1946) = « *Phialaspis pococki* typical form » + « *Ph. pococki* var. *sabrinae* » White ; *T. symondsi* (Lankester, 1868) = « *Psammosteus anglicus* » Traquair, 1898], de Colombie Britannique (*T. denisoni* Dineley, 1964), du Yukon (*T. ? angusta* Denison, 1963, espèce-type de *Yukonaspis* Obruchev, 1964), et du District de Mackenzie au Canada (Traquairaspididae indet., type 1, DINELEY & LOEFFLER, 1976, pl. 4 ; 5). Les spécimens de l'horizon *Psammosteus* ont des marges latérales moyennement larges et ornées de tubercules parfois aigus comme sur *T. pococki* (WHITE, 1946, fig. 28-35), mais leurs dimensions sont supérieures à celles des disques ventraux de *T. pococki*. Le moule interne de disque dorsal SVD 797 porte la trace d'une carène médiane longitudinale comme le disque dorsal de *T. pococki* et *T. denisoni*, alors qu'un disque dorsal de *T. symondsi* de Nouvelle-Écosse a une véritable quille dorsale verticale (cf. DINELEY, 1964, fig. 5).

Traquairaspis sp. indet.

Quelques fragments de plaques (SVD 782), isolés par attaque ménagée à l'acide, portent des tubercules « en feuilles de chêne », plus ou moins longs et plus ou moins aigus. Des fragments de ce type se rencontrent chez les Traquairaspidiformes (dont *Weigeltaspis* Brotzen, 1933) et chez *Lepidaspis* Dineley & Loeffler, 1976. Il est donc difficile d'attribuer des fragments tels que SVD 782 à l'un ou à l'autre de ces taxons. Cependant, par comparaison du matériel de l'Arctique canadien, du Spitsberg, de Grande-Bretagne, de France et de Podolie, il apparaît une différence morphologique essentielle entre eux :

— la carapace des Traquairaspidiformes est formée de plaques indivises (et *Weigeltaspis* serait aussi un Traquairaspidiforme quoiqu'on ne connaisse ni sa plaque pinéale ni son disque ventral) ;

— *Lepidaspis* est constitué presque uniquement d'unités élémentaires, les tessères de la carapace et les écailles du tronc et de la nageoire caudale (Dineley & Loeffler, 1976).

Les fragments de plaque SVD 782 sont donc plus vraisemblablement des représentants de *Traquairaspis* que de *Lepidaspis*. L'un d'eux, SVD 782e (pl. II, 1), avec sa base convexe et une couronne à un seul tubercule, pourrait être celui d'une petite écaille du tronc.

Ordre CORVASPIDIFORMES Blieck, 1982

Définition : Cf. Dineley & Loeffler (1976 : 46 : « Corvaspididae »).

Famille Corvaspididae Dineley, 1955

Définition : Comme pour l'ordre.

Genre-type (et seul genre) : *Corvaspis* Woodward, 1934.

Genre **CORVASPIS** Woodward, 1934

Définition : Comme pour la famille.

Espèce-type : *Corvaspis kingi* Woodward, 1934.

Autres espèces : *C. graticulata* Dineley, 1955, *C. karatajuteae* Tarlo, 1965, *C. arctica* Loeffler & Dineley, 1976.

Corvaspis kingi Woodward, 1934

Les fragments de carapace MNHN n^{os} SVD 798 à 809 (pl. I, 3-4) ont une ornementation caractéristique de ridules de dentine, groupées en unités tessériformes comme ceux

de *C. kingi* décrits par Dineley (1955) dans le Dittonien inférieur et moyen de Grande-Bretagne (zones *Symondsi* à *Crouchi*) et dans la Formation de Fraenkelryggen du Spitsberg, dont l'horizon *Psammosteus* constitue la base. Les ridules de dentine de *C. kingi* sont arrondies et en relief, alors que celles de *C. graticulata* Dineley (1955 ; Formation du Ben Nevis) sont plates. En outre, les unités tessériformes de *C. graticulata* sont souvent, mais pas toujours, séparées les unes des autres par une ou plusieurs rangées de petits tubercules, ce qui n'est en général pas le cas sur *C. kingi* (pl. II, 3-4). Ainsi, dans le Groupe de Red Bay, *C. kingi* caractérise la Formation de Fraenkelryggen tandis que *C. graticulata* caractérise la Formation du Ben Nevis qui la surmonte.

Notre matériel ne renferme pas de carapaces bien conservées mais seulement des fragments de plaques. Dineley (*ibid.*, fig. 9 et pl. I : 3) a décrit une « plaque » orbitaire de *C. kingi* qui semble plutôt correspondre à un fragment de bouclier dorsal d'après la morphologie de *C. arctica* Loeffler & Dineley (1976, fig. 3 et pl. 114 : 2) chez qui les deux orbites sont incluses dans le bouclier dorsal (cf. aussi Dineley & Loeffler, 1976). Cette morphologie (bouclier dorsal avec les deux orbites incluses mais pas les orifices branchiaux), associée à la forme des unités tessériformes, ne se rencontre au sein des Hétérostracés que sur *Corvaspis* et différencie ce genre à la fois des Cyathaspidiformes et des Psammostéiformes, dans lesquels Tarlo (1964, 1965) a cru pouvoir l'inclure (cf. Dineley & Loeffler, 1976).

Corvaspis sp. indet.

Les écailles et fragments de carapace SVD 783 (pl. II, 2-5) sont peu différents de ceux de l'horizon *Vogti* (Blieck, 1976, 1982). Cependant, les rides de dentine des écailles de l'horizon *Psammosteus* sont souvent plus larges que celles des écailles de l'horizon *Vogti*. Étant donné que les écailles rapportées par Dineley (1955, pl. I : 4-5) à *C. kingi* ont aussi des rides de dentine assez larges, il n'est pas impossible que notre matériel de l'horizon *Psammosteus* corresponde également à *C. kingi*. Mais à notre avis, cette détermination est incertaine puisque écailles et carapaces n'ont pas été trouvées en connexion.

Ordre CYATHASPIDIFORMES Berg, 1940 (Cyathaspiformes)

Définition : Cf. Denison (1964 : 350-351 : « Cyathaspididae »).

Incertae familiae

Genre **DAVELASPIS** nov. gen.

Derivatio nominis : Genre dédié à David K. Elliott (Flagstaff, USA).

Définition : Cyathaspidiforme dont la longueur totale du bouclier dorsal est de l'ordre de 20-27 mm et la longueur pinéale de 5-6 mm ; orbites incluses dans le bouclier dorsal, lui-même divisé

en au moins cinq territoires distincts (un rostral, un pinéal, un dorsal médian, deux latéraux-orbitaires et suprabranchiaux) ; rides de dentine superficielles finement tuberculées et disposées de façon concentrique sur chacun de ces territoires (4-5 ri/mm).

Espèce-type (et unique espèce) : *Davelaspis tuberculata* nov. sp.

Davelaspis tuberculata nov. sp.

Derivatio nominis : Nom choisi par Kiaer (MS) au vu de l'ornementation [1].

Holotype : Bouclier dorsal PMO n° D 500 (fig. 1 et pl. I, 5).

Paratypes : Bouclier dorsal MNHN n° SVD 780 et fragments SVD 784 (pl. II, 6).

Locus typicus : Spitsberg, est du Raudfjord, Fraenkelryggen, altitude 500 m (Kiaer & Heintz, 1935 : 11-13, et Blieck & Heintz, 1979, fig. 4 : localité 1).

Stratum typicum : Groupe de Red Bay, Formation de Fraenkelryggen, horizon *Psammosteus*.

Diagnose : Comme pour le genre.

Mesures (en mm) et indices.

	laO	LoO	laO/LoO	laT	LoT	laT/LoT	LoO/LoT	LoP	LoP/LoT	ri/mm
D 500	8,5	3,5	2,42	15	(20)	0,75	0,17	5	0,25	5
SVD 780	(10)	5,0	2,00	(20)	(27)	0,74	0,18	6	0,22	4-5

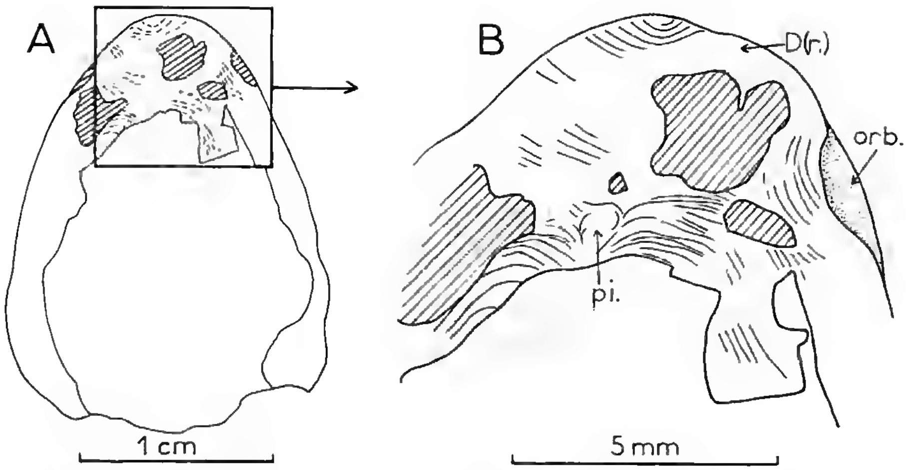


Fig. 1. — *Davelaspis tuberculata* n. gen., n. sp., holotype PMO n° D 500, bouclier dorsal, horizon *Psammosteus*. A, vue d'ensemble ; B, détail de la partie antérieure avec le tracé de quelques rides de dentine (même spécimen que pl. I, 5) (dessins à la chambre claire).

1. A l'origine, Kiaer avait nommé ce taxon « *Echinaspis tuberculata* ». Cependant, le nom de genre *Echinaspis* est pré-employé (Haeckel, 1881, Protozoa ; Blatchley, 1922, Coleoptera ; cf. Neave, 1939 : 182), raison pour laquelle je ne conserve que le nom d'espèce.

Discussion

Les deux spécimens ci-dessus, qui constituent la série-type de *Davelaspis tuberculata* nov. gen. & nov. sp., ont été signalés par Blieck & Heintz (1979 : 172) sous deux noms différents : « *Ctenaspis* » et « *Protopteraspis* ? ». Cette détermination erronée provenait des caractères troublants de ce taxon, notamment son aspect général de Cyathaspidiforme à bouclier dorsal large (laT/LoT = 0,74-0,75) évoquant *Ctenaspis* d'une part, et ses rides de dentine finement tuberculées rappelant celles des Pteraspidiformes d'autre part (dont *Protopteraspis*, le seul Ptéraspide connu jusqu'à présent dans la Formation de Fraenkelryggen).

Le bouclier dorsal de *Davelaspis tuberculata* (fig. 1) offre une autre particularité : les deux orbites y sont incluses, alors que les autres Cyathaspidiformes ont des orbites limitées vers le haut par l'encoche orbitaire du bouclier dorsal et vers le bas par une plaque suborbitaire. La même disposition (orbites incluses) a été décrite sur *Listraspis canadensis* Denison (1964 ; 390-396) ainsi que sur d'autres espèces inédites de l'Arctique canadien (Elliott, 1979, et comm. pers., 5.IV.1982).

Les rides de dentine de *Listraspis* ressemblent, comme celles de *Davelaspis*, aux rides crénelées des Ptéraspides. Cependant, l'état de conservation de notre matériel ne nous permet pas de situer les ouvertures branchiales qui, sur *Listraspis*, sont limitées vers le haut par une encoche sur le bouclier dorsal et vers le bas par la plaque branchiale, comme sur les autres Cyathaspides. Le tracé des rides de dentine de *Davelaspis* (fig. 1) délimite, à l'avant du bouclier dorsal, différents territoires (« epitega » rostral, « pinéal », dorsal et orbitaires) qui semblent homologues aux plaques du même nom des Pteraspidiformes. Il apparaît donc que *Listraspis*, *Davelaspis* et les espèces inédites du Canada doivent être regroupés dans un seul et même taxon supra-générique pour lequel Denison (1964 : 392) proposait déjà le rang de sous-famille. Il nous semble cependant prématuré de nommer ce taxon tant que le matériel inédit du Canada n'est pas publié.

Les clichés réalisés au MEB sur quelques fragments dégagés par attaque à l'acide (pl. II, 6) montrent que les petits tubercules des rides de dentine de *Davelaspis* alternent d'une ride à l'autre, comme ceux de *Cyrtaspidichthys* et de *Lampraspis* (cf. Denison, 1970, fig. 7 C-D), ou même ceux de *Doryaspis* (cf. Føyn & Heintz, 1943, fig. 5 A-C).

2. Horizon *Corvaspis*

Ce niveau de la Formation de Fraenkelryggen est caractérisé par l'abondance de *Corvaspis kingi* Woodward, 1934 (cf. Kiaer & Heintz, 1935 : 12 ; Føyn & Heintz, 1943 ; Dineley, 1955, pl. 1, fig. 2-3 ; Tarlo, 1964 : 75). Quelques clichés ont été réalisés au MEB sur un fragment de bouclier : les rides de dentine des unités tessériformes sont convexes vers l'extérieur et ont des bords denticulés (pl. III, 1) ; on compte deux ou trois rides par millimètre comme sur les fragments de « *Corvaspis* sp. indet., type A » de l'horizon *Vogti*, dans la Formation du Ben Nevis (Blieck, 1982) et comme sur *C. kingi* de l'horizon *Psammosteus* (pl. I, 3-4).

Kiaer & Heintz (1935 : 84 et pl. XXI, fig. 2) ont également figuré un bouclier dorsal

incomplet (PMO nº D 243) attribué à *Poraspis elongata* ? Cependant, la longueur pinéale de ce spécimen (6 mm) indique qu'il s'agit plutôt de *Poraspis brevis* (*sensu* Blieck & Heintz, *sous presse*).

Les disques ventraux PMO nºs D 3111 et D 3113 peuvent être attribués à *Protopteraspis primaeva* ?

Enfin, l'horizon *Corvaspis* a également fourni quelques Ostéostracés : *Pattenaspis acuminata* et « *Cephalaspis* » *dissimulata* (cf. Wängsjö, 1952).

3. Horizon à Plantes

De ce niveau seul *Poraspis subtilis* Kiaer & Heintz (1935, pl. XXII, holotype ; synonyme de *P. brevis sensu* Blieck & Heintz, *sous presse*) a été figuré. *Ctenaspis* et *Corvaspis* y ont été cités par Denison (1956). Cependant, comme je l'ai montré à propos de quelques spécimens de l'horizon *Psammosteus*, il ne semble pas que *Ctenaspis* ait jamais existé dans la Formation de Fraenkelryggen. Par contre, *Corvaspis* est représenté dans l'horizon à Plantes par *C. kingi* (MNHN nº SVD 722). En outre, l'espèce *Protopteraspis primaeva* y a été récoltée (spécimens PMO nºs D 3101, 3103, 3104, 3107, 3156, 3158 et MNHN nºs SVD 720-721), ainsi que deux Ostéostracés : « *Cephalaspis* » *cradleyensis* (Stensiö) et *Cephalaspis pygmaea* Wängsjö.

4. Horizon *Primaeva*

Dans la Formation de Fraenkelryggen, c'est l'ichthyofaune de l'horizon *Primaeva* qui était la plus complète jusqu'à une date récente, avec vingt-cinq taxons décrits ou cités, dont neuf espèces d'Hétérostracés :

Heterostraci

Poraspis brevis Kiaer, 1932
Poraspis polaris (*P. polaris* + « *P. elongata* » Kiaer & Heintz, 1935 ; cf. Blieck & Heintz, *sous presse*)
Homalaspidella ? sp. indet. (Blieck & Heintz, 1979)
Dinaspidella robusta (Kiaer, 1932)
Anglaspis heintzi (cf. Kiaer, 1932)
Corvaspis kingi (incluant *Oniscolepis* ? sp., Ørvig, 1969, fig. 1C ; cf. Blieck & Heintz, 1979)
Traquairaspis sp. indet. (Ørvig, 1969, fig. 1A)
Protopteraspis primaeva (Kiaer, 1928 ; cf. Blieck, 1981, fig. 1A-F)
« Pteraspidida gen. et sp. indet. » (Ørvig, 1969)

Thelodonti

Turinia sp. et Thelodontida gen. et sp. indet. (Ørvig, 1969)

Osteostraci (cf. Wängsjö, 1952, tableau 1 ; Ørvig, 1969 ; Janvier, 1980) :

Pattenaspis acuminata, *P. eurhynchus*, *P. oreas*, *P. verruculosa*, *Mimetaspis dissimulata*, *Ectinaspis heintzi*, *Waengsjoeaspis* cf. *excellens*, « *Pattenaspis* » *divaricata*, *P. heintzi*, *Mimetaspis pygmaea*, « *C.* » *hyperboreus*, « *C.* » *sinuata*

ACANTHODII

Nostolepis sp. et Ischnacanthidae ? gen. et sp. indet. (ØRVIG, 1969, fig. 1E)

Cet assemblage a été mis en parallèle avec celui du sommet de la zone *Symondsi* de Grande-Bretagne par ØRVIG (1969) : limite Downton/Ditton *sensu* BALL & DINELEY (1961), Dittonien inférieur *sensu* ALLEN & TARLO (1963).

Le dégagement à l'acide d'un bloc provenant de l'horizon *Primaeva* a fourni des données complémentaires.

Quelques fragments de carapace portant des tubercules « en feuilles de chêne » à expansions latérales bifides (pl. III, 2) sont attribués à *Traquairaspis* sp. indet. D'autres fragments correspondent vraisemblablement à *Corvaspis kingi* (pl. III, 3) d'après la structure des rides de dentine, identique à celles qui ont été récoltées dans l'horizon *Corvaspis* (pl. III, 1). Quelques écailles, avec des rides de dentine un peu plus plates, à bords moins denticulés (pl. III, 4-5), sont rapportées à *Corvaspis* sp. indet. comme celles de l'horizon *Psammosteus* (pl. II, 2-5). *Anglaspis heintzi* est représenté, entre autres, par un bouclier dorsal particulièrement bien conservé (pl. III, 6). Cependant, quelques tessères étroites et portant chacune un tubercule long et assez aigu (pl. III, 7) évoquent plutôt *Lepidaspis* Dineley & Loeffler (1976, pl. 32, fig. 6-7), un taxon qui n'avait pas été cité dans l'horizon *Primaeva*.

Enfin, parmi les Thélodontes, de nombreuses écailles sont celles de l'espèce *Turinia pagei*, fossile-guide du Dittonien de Grande-Bretagne (cf. GOUJET, 1978 ; BLIECK *et al.*, *sous presse*).

5. HORIZON *Polaris*

Le matériel fossile de ce niveau, qui a été décrit ou cité jusqu'à présent, montre ici aussi une prédominance des Hétérostracés tant en espèces qu'en individus :

HETEROSTRACI

Poraspis brevis Kiaer (cf. KIAER & HEINTZ, 1935)
P. polaris Kiaer (*P. polaris* + « *P. elongata* » Kiaer & Heintz, 1935)
Dinaspidella (cf. DENISON, 1956)
Anglaspis (cf. BLIECK & HEINTZ, 1979 ; en fait *Anglaspis* ? sp. indet.)
Corvaspis, *Traquairaspis* et *Protopteraspis* (cf. BLIECK & HEINTZ, 1979)

OSTEOSTRACI

« *Cephalaspis* » *dissimulata*, *Pattenaspis oreas* ? et « *Scolenaspis* » *arcticus* (cf. WÄNGSJÖ, 1952 ; JANVIER, 1980)

Je confirme ici l'existence de *Dinaspidella robusta* dont trois spécimens bien conservés ont été découverts (MNHN n^{os} SVD 645-647, fig. 2). *Corvaspis* est représenté par *C. kingi* (PMO n^{o} D 2693) et *C.* sp. indet. (pl. IV, 3-6). *Traquairaspis* n'est connu que par quelques fragments de plaques et d'écailles (pl. IV, 1) ainsi d'ailleurs que *Lepidaspis* ? (pl. IV, 2). Enfin, le genre *Protopteraspis* a aussi été récolté : *P. primaeva* (spécimen PMO, ENS exped. 1939 n° 194) et *P.* sp. indet. (PMO n^{os} D 236, 3535, 3540).

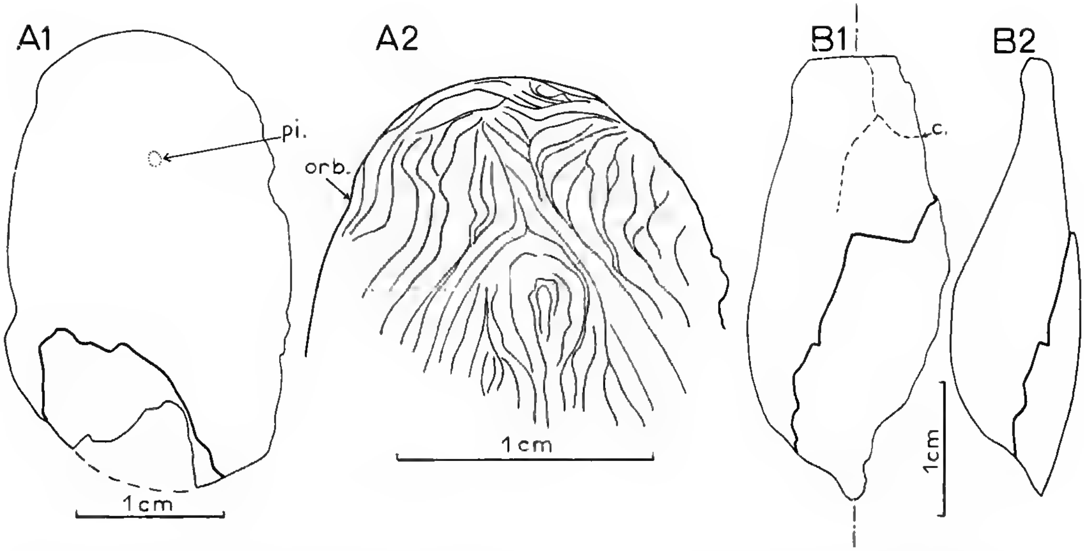


Fig. 2. — *Dinaspidella robusta* (Kiaer), horizon *Polaris*. A, bouclier dorsal MNHN n° SVD 645 : A1, schéma d'ensemble ; A2, tracé de quelques rides de dentine de la partie antérieure (dessin à la chambre claire). B, disque ventral MNHN n° SVD 647 : B1, schéma d'ensemble ; B2, profil droit.

De plus, d'autres spécimens ont été dégagés à l'acide : des Acanthodiens (dents et écailles), des écailles de Thélodontes (dont *Turinia*), des Ostéostracés, et *Tylodus* ?.

6. Horizon *Anglaspis*

Dans l'état actuel de préparation du matériel, il est possible de reconnaître trente espèces différentes de Vertébrés dans l'horizon *Anglaspis* qui est donc, à ce titre, aussi riche que l'horizon *Vogti* de la Formation du Ben Nevis sus-jacente. C'est également dans l'horizon *Anglaspis* que l'assemblage d'Ostéotracés le plus varié du Groupe de Red Bay a été décrit par Wängsjö (1952), avec quelque quatorze espèces différentes ! Néanmoins, en nombre d'individus, les Hétérostracés sont l'élément dominant de la faune, en particulier les représentants d'*Anglaspis insignis* qui a donné son nom à l'horizon. D'après les données publiées, la liste faunique s'établit comme suit :

Heterostraci

Poraspis brevis (« *P. intermedia* » Kiaer & Heintz, 1935)
P. polaris Kiaer (*ibid.*)
Anglaspis insignis Wills (cf. Kiaer, 1932 ; Denison, 1964)
Dinaspidella (cf. Kiaer, 1932 : 18)
Corvaspis (cf. Denison, 1956)
Homalaspidella nitida ? (cf. Blieck, 1976)

Traquairaspis (cf. Blieck & Heintz, 1979)
Protopteraspis primaeva (Kiaer) et *P. aquilonia* Blieck, 1981

Osteostraci (cf. Wängsjö, 1952, tableau 1 ; Janvier, 1980)

Pattenaspis acuminata ?, *P. divaricata* ?, *P. heintzi*, « *C.* » *sinuata*, « *C.* » *eurynotus*, « *C. powriei* var. *polaris* », « *C.* » *recticornis*, « *C.* » *dissimulata*, *Pattenaspis eurhynchus* ?, *P. verruculosa* ?, *P. deltoides*, *Waengsjoeaspis excellens*, *W.* ? *vogti*, *Machairaspis hastata*

Cette association permet de mettre l'horizon *Anglaspis* en parallèle avec la zone *Leathensis* de Grande-Bretagne (Blieck & Heintz, 1979 ; Blieck, 1981).

Le matériel récolté en 1969 complète ces résultats. Près de 50 % (37 spécimens sur 80 dénombrés) des individus fossilisés sont des éléments d'*Anglaspis insignis* (pl. V, 1-3). *Dinaspidella* sp. indet. est représenté au moins par un disque ventral (pl. V, 4). *Homalaspidella nitida* ? a été identifié sur un moule interne de bouclier dorsal. Des deux espèces de *Protopteraspis* présentes, c'est *P. aquilonia* la plus abondante (pl. V, 5). *Corvaspis* est représenté par des éléments disparates (non articulés) avec, d'une part, quelques fragments de bouclier dont les unités tesséríformes ne sont pas séparées par des rangées de petits tubercules (*C. kingi* ?, pl. V, 9) et, d'autre part, des écailles isolées (*C.* sp. indet., pl. V, 10-11). *Traquairaspis* sp. indet. ne subsiste que sous la forme d'écailles d'assez grande taille (pl. V, 6), comparables à celles qui ont été décrites dans le Dévonien inférieur de Podolie (*Traquairaspis* sp., Obruchev & Karatajute-Talimaa, 1967, pl. 1, fig. 8) et du Canada (*T. symondsi*, Dineley, 1964, fig. 6). *Lepidaspis* ? sp. indet., quant à lui, n'a laissé que quelques tessères, dégagées à l'acide (pl. V, 7-8).

Enfin, des Thélodontes (trois espèces différentes dont *Turinia pagei*), des Acanthodiens (*Nostolepis* sp.), *Polymerolepis* sp. et « *Tyriolepis* » sp. (ou « *Tylodus* » sp.) ont été identifiés dans le matériel.

L'assemblage *Traquairaspis-Polymerolepis-Tyriolepis-Turinia pagei* (« *Thelodus* cf. *scoticus* »)-*Corvaspis-Nostolepis* a aussi été décrit dans l'horizon Iwanie de Podolie (« transition beds », Obruchev & Karatajute-Talimaa, 1967).

7. Horizon « Rouge » (Red horizon)

Ce niveau a été repéré par quelques localités situées en bordure du Raudfjord (cf. Kiaer & Heintz, 1935, fig. 1 ; Blieck & Heintz, 1979, fig. 4 : localité n° 7) n'ayant fourni jusqu'à présent que quelques fragments d'*Anglaspis*. Il est pour l'instant difficile de dire si ce hiatus dans la séquence des horizons du Groupe de Red Bay correspond effectivement à un appauvrissement de la faune suivi par un renouvellement dès l'horizon *Rotundata* sus-jacent, ou au contraire s'il s'agit seulement d'une apparence due aux conditions de fossilisation et de récolte.

8. Horizon *Rotundata*

Ce niveau, également repéré le long du rivage est du Raudfjord, marque un changement dans la composition faunique. Nombre d'espèces de la Formation de Fraenkelryggen

n'y figurent plus. En revanche, *Ctenaspis* (spécimen PMO n° D 4011) et un assemblage de Pteraspididae plus riche que celui de la Formation de Fraenkelryggen y font leur apparition (cf. fig. 4). Notons cependant l'absence de *Poraspis, Corvaspis, Traquairaspis* et *Lepidaspis* qui n'ont peut-être pas encore été identifiés.

En ce qui conserne les Pteraspididae, quatre espèces peuvent être définies : *Protopteraspis primaeva* ? (spécimens PMO n^os^ D 3900, 3953, 3962), *Miltaspis anatirostrata* (D 4014, 3917, 3933, 3903-3905 [1], 3884 et MNHN n° SVD 651), « *Podolaspis* » *goujeti* ? (D 4012) et *Canadapteraspis* ? *ovalis* nov. sp.

Seul, ce dernier taxon sera décrit car il offre des éléments de comparaison nouveaux avec l'Arctique canadien.

Ordre PTERASPIDIFORMES Berg, 1940

Définition : Cf. White (1935 : 437), emend. Denison (1970 : 2 : « Pteraspididae »).

Famille Pteraspididae Claypole, 1885

Définition : Cf. Denison (1970 : 3 : « Pteraspidinae »).

Genre-type : *Pteraspis* Kner, 1847.

Autres genres : Cf. Denison (1970) et Dineley & Loeffler (1976).

Genre **CANADAPTERASPIS** Dineley & Loeffler, 1976

Définition : Cf. Dineley & Loeffler (1976 : 112-113).

Espèce-type : *Canadapteraspis alocostomata* Dineley & Loeffler, 1976.

Autres espèces : *C. thymostomata* et *C. helostomata* Dineley & Loeffler, 1976.

Canadapteraspis ? **ovalis** nov. sp.

Derivatio nominis : Nom inventé par Kiaer (MS).

Holotype : Spécimen PMO n° D 3888/3889 (bouclier dorsal incomplet et contre-empreinte ; fig. 3 et pl. VI, 1).

Paratype : Spécimen PMO n° D 3965/3966 (face viscérale d'un bouclier dorsal incomplet et contre-empreinte).

1. Ce spécimen correspond à « *Pteraspis rotundata* » Kiaer & Heintz (1935 : 14 : *nomen nudum*) qui a donné son nom à l'horizon. Il a été mentionné par Blieck & Heintz (1979 : 175) sous le nom « *Althaspis* » (cf. Blieck, 1981 : 153).

Locus typicus : Spitsberg, est du Raudfjord, « Strand profil », altitude environ 50 m (Kiaer & Heintz, 1935 ; Blieck & Heintz, 1979 ; localité 7).

Stratum typicum : Groupe de Red Bay, Formation du Ben Nevis, horizon *Rotundata*.

Diagnose : Espèce de taille moyenne ; plaque pinéale assez large et semi-lunaire ; plaques cornuales pointues et moyennement développées.

Mesures (en mm) et indices de l'holotype : laR = 20 ; LoR = 15 ; laR/LoR = 1,33 ; aT = 34 ; LoT = 57 ; laT/LoT = 0,59 ; LoR/LoT = 0,26 ; LoC = 19 ; LoC/LoT = 0,33.

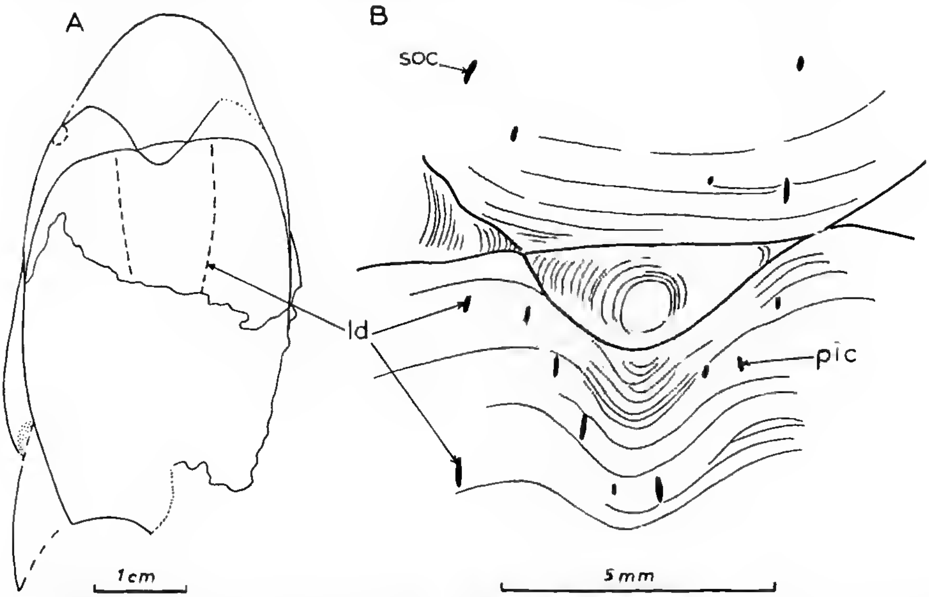


Fig. 3. — *Canadapteraspis ? ovalis* n. sp., holotype PMO n° D 3889, bouclier dorsal, horizon *Rotundata*. A, schéma d'ensemble ; B, détail de la ceinture orbitopinéale avec les pores externes des canaux sensoriels (même spécimen que pl. VI, 1 ; dessin à la chambre claire).

Discussion

Le spécimen D 3888/3889 (fig. 3 et pl. VI, 1) offre les mêmes caractères que le bouclier dorsal de *Canadapteraspis alocostomata* Dineley & Loeffler (1976, fig. 45 et pl. 17, fig. 3) à savoir : une plaque rostrale assez large, une petite plaque pinéale en contact avec les orbitaires, des cornuales assez longues et à pointe libre bien développée et surtout un canal pinéal en V sur le disque dorsal, derrière la plaque pinéale. Cependant, la face ventrale du rostre de D 3888/3889 n'a pas pu être dégagée, ce qui laisse un doute sur son attribution générique. Enfin, les proportions du bouclier, la forme des cornuales et de la pinéale diffèrent de celles de *C. alocostomata*, ce qui justifie, à mon avis, la création d'une espèce nouvelle.

La présence de *Canadapteraspis* ? au Spitsberg renforce la corrélation de la Formation du Ben Nevis avec la localité GSC 69014 du Canada, *locus typicus* de *C. alocostomata* (cf. Blieck, 1981, tableau 3).

9. Horizons A-I

Ces niveaux correspondent à la partie inférieure de la coupe de Hoel (expédition de 1909-1910), levée à l'est du Raudfjord, au-dessus de la moraine latérale du Glacier du Raudfjord (localités nº 9). Kiaer & Heintz (1935) y ont décrit *Poraspis rostrata* [1] et *Homalaspidella nitida*. Wängsjö (1952) a identifié *Cephalaspis exilis* (*Mimetaspis exilis sensu* Janvier, 1980), « *Securiaspis* » *staxrudi* et *Tegaspis kolleri*.

Cependant, d'autres Hétérostracés sont présents : *Ctenaspis* sp. indet. (PMO nº D 3055a), *Corvaspis graticulata* (D 2666 et 4155), *Protopteraspis vogti* (D 4144/4145), *Miltaspis anatirostrata* ? (D 3055b) et « *Podolaspis* » *goujeti* ? (un fragment non numéroté).

L'assemblage d'Hétérostracés de ces niveaux est donc quasi identique à celui de l'horizon *Vogti* (cf. Goujet & Blieck, 1977). Seuls manquent ici *Irregulareaspis*, *Anglaspis* et *Lepidaspis*. Cependant, les Ostéostracés des horizons A-I sont différents de ceux de l'horizon *Vogti* (cf. Wängsjö, 1952).

10. Horizon *Vogti*

Ce niveau, repéré d'abord sur la erête nord et le plateau du nord du mont Ben Nevis, a son équivalent au-dessus des horizons A-I dont il vient d'être question. Son ichthyofaune a fait l'objet d'une étude d'ensemble (Blieck, 1976, 1982) qui y a défini 33 taxons différents (voir aussi Goujet & Blieck, 1977 ; Blieck & Goujet, 1978, pl. 61, fig. 15 ; Janvier, 1980, fig. 136-137 ; Blieck, 1981, fig. 2 A-B ; Blieck & Heintz, *sous presse*) :

Heterostraci

Protopteraspis vogti
Miltaspis anatirostrata
« *Podolaspis* » *goujeti* [2]
Poraspis polaris et *P. rostrata*
Homalaspidella nitida
Irregulareaspis mirabilis
Anglaspis elongata et « *A. platostriata* » [3]
Ctenaspis cancellata et *Ct. dentata* ?
Corvaspis graticulata et *C.* sp. indet. (« types A et B »)
Lepidaspis sp. indet.
Weigeltaspis heintzi

Thelodonti

Turinia pagei
Nikolivia oervigi
Apalolepis cf. *obruchevi*
gen. et sp. indet.

1. Parmi les spécimens attribués à cette espèce, le spécimen PMO nº D 128 (Kiaer & Heintz, 1935, pl. XXIV, fig. 1, horizon A) doit, en fait, être attribué à *P. polaris* (cf. Blieck & Heintz, *sous presse*).
2. Cette espèce est provisoirement classée dans le genre *Podolaspis* ; elle sera ultérieurement incluse dans un autre genre, lors de la révision des Pteraspididae, actuellement en cours.
3. Ce taxon, fondé sur le spécimen PMO nº D 1115 (cf. Kiaer, 1932 : 20) a été récolté dans la moraine du « Second Glacier » à l'ouest de la crête nord du mont Ben Nevis (cf. Kiaer & Heintz, 1935, fig. 1) ; il est donc probable qu'il provient, en fait, de l'horizon *Vogti*.

Osteostraci

Benneviaspis holtedahli et « *B.* » *longicornis*
Machairaspis ibex
Pattenaspis føyni
Tegaspis pedata et « *Cephalaspis* » sp.

Acanthodii

Gomphonchus cf. *sandelensis*
Nostolepis striata et *N.* cf. *gracilis*
« *Onchus* » sp. et « *Protodus* » sp.

Chondrichthyes ? : *Polymerolepis whitei*

Actinopterygii ? gen. et sp. indet.

Inc. sedis : *Tyriolepis* (ou *Tylodus*) sp.

Cette faune permet de corréler l'horizon *Vogti* avec la zone *Crouchi* de Grande-Bretagne, d'une part, et avec la localité GSC 69014 de la Formation Delorme au Canada, d'autre part (Goujet & Blieck, 1977 ; Blieck, 1981 ; Blieck *et al.*, *sous presse*).

Enfin, j'attirerai l'attention sur le spécimen MNHN n° SVD 900 (pl. VI, 2-3) provenant de la moraine du Glacier Andrée, au nord-ouest de la crête nord du mont Ben Nevis où affleure l'horizon *Vogti*. Certains des éléments que renferme cette moraine ont été arrachés à l'horizon *Vogti* lui-même. Or, le spécimen SVD 900 (moule externe naturel d'un disque dorsal de Traquairaspidiforme) s'adapte parfaitement au spécimen PMO n° D 2440/2441 (pl. VI, 4-5 ; type de *Weigeltaspis heintzi* Tarlo, 1964, pl. IV, fig. 6-7 ; 1965, pl. IV, fig. 2) récolté au même endroit ! SVD 900 est un disque dorsal long et étroit portant dans sa moitié postérieure une quille médiane verticale suivie à l'arrière par un second relief beaucoup moins fort (pl. VI, 3). Cette morphologie n'a été décrite, à ma connaissance, que sur une autre espèce, *Traquairaspis symondsi* du Dévonien inférieur de Nouvelle-Écosse (Canada atlantique ; Dineley, 1964, fig. 5), encore que, sur ce dernier taxon, la quille médiodorsale soit plus postérieure et moins haute que celle de SVD 900.

Ces observations appellent les remarques suivantes :

— SVD 900 est vraisemblablement la contre-empreinte de l'holotype de *Weigeltaspis heintzi* qui s'avère donc être un Traquairaspidiforme (et non un Psammostéiforme) ;

— l'horizon *Vogti* du Spitsberg a été mis en parallèle avec la zone *Crouchi* de Grande-Bretagne et de Nouvelle-Écosse, située stratigraphiquement au-dessus de la zone *Symondsi* ; la présence de *W. heintzi* dans l'horizon *Vogti* (avec son disque dorsal deux fois plus long et sa quille dorsale beaucoup plus haute que les éléments homologues de *T. symondsi*) peut être considéré comme un autre argument en faveur de cette corrélation : en effet, *W. heintzi* paraît plus apomorphe (« évolué ») que *T. symondsi* et représente donc vraisemblablement un stade évolutif plus récent.

11. Horizon *Ctenaspis* (Horizons J-L)

Parmi le matériel qui a pu être dégagé de ce niveau, les Hétérostracés, quoique moins abondants que ceux de l'horizon *Vogti*, n'en diffèrent pas beaucoup. En revanche, les Ostéostracés sont plus variés dans l'horizon *Ctenaspis* et certains genres, *Kiaeraspis* et *Hoelaspis*, y font leur apparition. La liste faunique provisoire est la suivante :

Heterostraci

« *Poraspis cylindrica* » Kiaer & Heintz, 1935 ; synonyme de *P. rostrata sensu* Blieck & Heintz (*sous presse*)
Homalaspidella nitida (cf. Kiaer & Heintz, 1935)
Ctenaspis dentata Kiaer, 1930
Corvaspis graticulata (PMO nº D 2486)
Traquairaspis sp. indet. (D 5040)
Protopteraspis vogti ? (D 4268, 4275, 4312, 4432 et 4999)
« *Podolaspis* » *goujeti* ? (D 4397, 4321 ; avec des plaques cornuales plus longues que celles de l'holotype MNHN nº SVD 567 de *P. goujeti*)

Osteostraci (cf. Wängsjö, 1952 ; Janvier, 1980) :

Mimetaspis exilis et *M. hoeli*
Cephalaspis retusa
« *C.* » *doryphorus* et « *C.* » *platycephalus*
Benneviaspis holtedahli et « *B.* » *platessa* ?
Hoelaspis angulata
Kiaeraspis auchenaspidoides

A cette liste on peut désormais ajouter *Doryaspis* sp. indet. déterminé à partir de deux disques (MNHN nºˢ SVD 639 et 640) portant l'ornementation caractéristique composée de grosses rides de dentine concentriques et tuberculées décrite sur *D. nathorsti* (cf. N. Heintz, 1960, 1968). Cette découverte confirme l'existence de ce taxon dans le sommet du Groupe de Red Bay, alors qu'il est classiquement utilisé comme fossile-guide de la Formation de Wood Bay sus-jacente (cf. aussi Blieck *et al.*, *sous presse*).

11'. Horizons M-N

Seul « *Poraspis cylindrica* » (= *P. rostrata*) a été signalé dans ces niveaux (cf. Kiaer & Heintz, 1935).

12. Horizon *Benneviaspis* (Horizons O-R)

L'ichthyofaune de cet horizon est encore très proche de celle des niveaux sous-jacents bien que les Ostéostracés en soient encore plus variés que ceux de l'horizon *Ctenaspis* (avec en particulier *Benneviaspis* qui a donné son nom à l'horizon). Cette faune comprend :

Heterostraci

« *Poraspis cylindrica* », holotype PMO nº D205 (synonyme de *P. polaris sensu* Blieck & Heintz, *sous presse*)

« *P. cylindrica* », autres spécimens (synonyme de *P. rostrata*)
Homalaspidella nitida (cf. KIAER & HEINTZ, 1935).
Irregulareaspis hoeli (série-type ; cf. KIAER, 1932)
Anglaspis sp. indet. (PMO nº D 2148)
Ctenaspis dentata (paratype PMO nº D 584 ; KIAER, 1930)
Ct. sp. indet. (PMO nº D 830 et 1886c, MNHN nº SVD 820 ; JANVIER & BLIECK, 1979, fig. 1)
Protopteraspis ? sp. indet. (PMO nº D 1886a)
« *Podolaspis* » *goujeti* ? (D 4444)
Miltaspis anatirostrata ? (une série de spécimens à plaques cornuales et rostrale plus longues que celles de la série-type de *M. anatirostrata*, provenant de l'horizon *Vogti*)
Doryaspis sp. indet. (spécimens MNHN nº SVD 641 et PMO nº D 1886b : « cf. *Grumantaspis lyktensis* » *in* BLIECK & HEINTZ, 1979 : 175)

OSTEOSTRACI

Mimetaspis exilis et *M. hoeli*
« *Securiaspis* » *staxrudi*
Tegaspis kolleri
Mimetaspis retusa et *Pattenaspis eukeraspidoides*
« *C.* » *platycephalus*
Benneviaspis holtedahli et « *B.* » *platessa*
Hoelaspis angulata
Kiaeraspis auchenaspidoides
Zenaspis metopias
Scolenaspis signata
Meteoraspis pinnifera

12'. HORIZONS S-U

Ces niveaux, au sommet de la coupe du flanc ouest du mont Ben Nevis, constituent la fin de la Formation du Ben Nevis, donc la partie terminale du Groupe de Red Bay. Ils ont livré :

« *Poraspis magna* » (= *P. rostrata*)
Irregulareaspis sp. indet. (PMO nº D 228 nommé « *Dinaspidella* ? » *in* BLIECK & HEINTZ, 1979)
Corvaspis graticulata (PMO nº D 2667)

II. COMMENTAIRES

L'ensemble des résultats qui viennent d'être présentés est porté sur la figure 4.

Avant toute chose, deux remarques s'imposent :

1. Les différents « horizons » ont été nommés, sauf exception, par leur « faciès » ichthyologique c'est-à-dire par l'abondance relative de tel ou tel taxon (« *Psammosteus* », *Corvaspis*, *Protopteraspis primaeva*, *Poraspis polaris*, *Anglaspis*, « *Pteraspis rotundata* », *Protopteraspis vogti*, *Ctenaspis*, *Benneviaspis*) et non par l'existence d'un taxon qui serait restreint à chacun d'eux (cf. KIAER & HEINTZ, 1935 : 10-16). Néanmoins, chaque horizon a une composition faunique différente. Même si, dans quelques cas (horizon *Corvaspis* et horizon

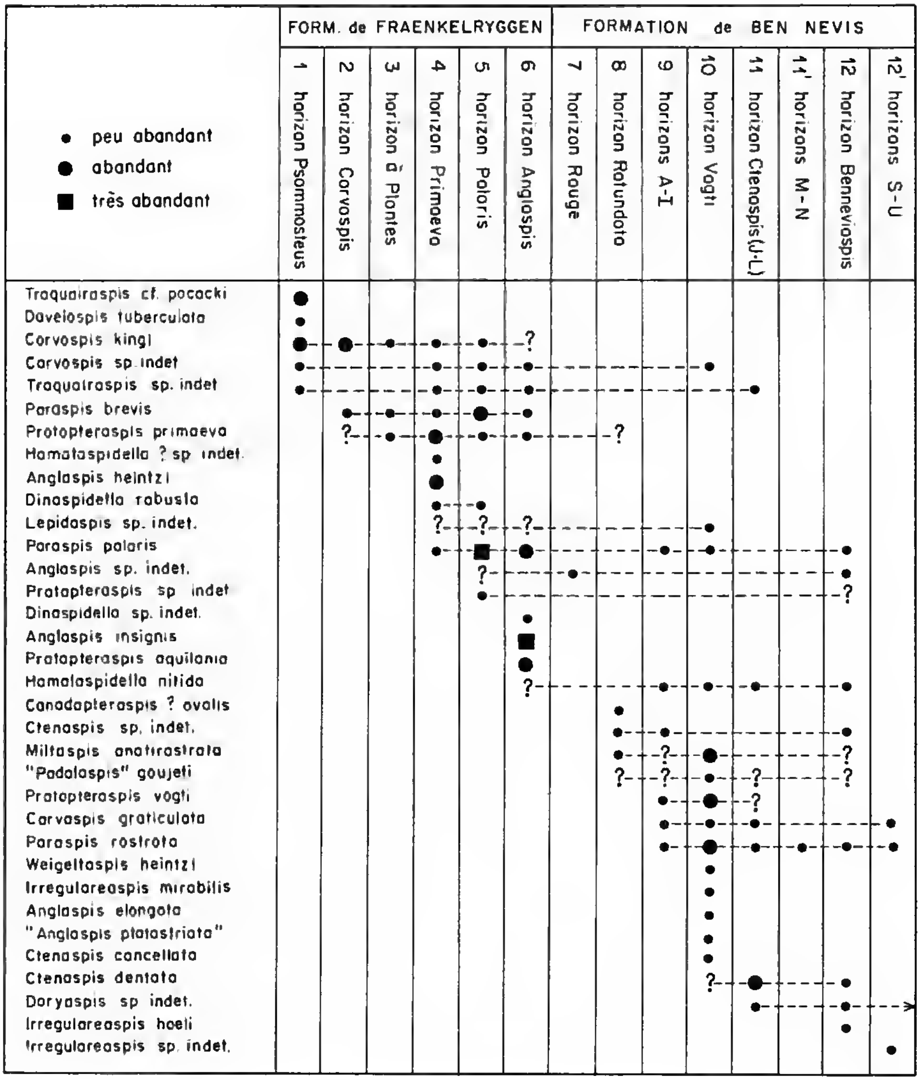


Fig. 4. — Répartition verticale des Hétérostracés du Groupe de Red Bay.

à Plantes par exemple), les Hétérostracés de deux niveaux successifs ne sont pas très différents, les Ostéostracés, eux, le sont (cf. Wängsjö, 1952), ou inversement. Les horizons ainsi définis correspondent donc à des biozones d'association (= cénozones ; cf. Hedberg *et al.*, 1979 : 67-71).

2. Aucune coupe générale du Groupe de Red Bay n'a jamais été publiée et les niveaux non fossilifères, détritiques, plus fins, situés entre les horizons à Vertébrés nous sont pra-

tiquement inconnus (cf. DENISON, 1956 : 400). Étant donnée l'épaisseur totale estimée du Groupe de Red Bay (2 100 à 2 300 m pour l'ensemble Conglomérat de Red Bay — Grès du Glacier Andrée — Fm. de Fraenkelryggen — Fm. du Ben Nevis ; cf. FRIEND, 1961 : 84-85), comparée à l'épaisseur cumulée des horizons fossilifères (de l'ordre de quelques mètres) (!), on n'a qu'une image partielle de la séquence sédimentaire, les zones d'intervalles (*sensu* HEDBERG *et al.*, 1979 : 68) étant beaucoup plus épaisses que les biozones.

Ces imperfections une fois mises en évidence, il reste néanmoins que les Hétérostracés offrent une suite d'assemblages caractéristiques dont la composition évolue du bas vers le haut de la série (fig. 4). Cette évolution semble graduelle à l'exception de l'horizon Rouge (nº 7), à la base de la Formation du Ben Nevis, qui n'a livré qu'une espèce, *Anglaspis* sp. Comme je l'ai dit plus haut (p. 85), je ne sais pas si ce hiatus correspond à une coupure dans la séquence ou seulement à un manque d'informations, d'autant que nombre de taxons de la Formation de Fraenkelryggen se retrouvent au-dessus de l'horizon Rouge dans la Formation du Ben Nevis (*Corvaspis*, *Traquairaspis*, *Lepidaspis*, *Poraspis polaris*, *Anglaspis*, *Protopteraspis* et *Homalaspidella nitida*). La même remarque s'applique aux niveaux M-N dans la partie supérieure de la Formation du Ben Nevis.

En revanche une coupure nette existe au sommet de la séquence : tous les taxons y disparaissent à l'exception de *Doryaspis* (c'est-à-dire *Doryaspis* s.s. + « *Grumantaspis* ») qui est un des fossiles caractéristiques de la Formation de Wood Bay sus-jacente. Le phénomène inverse a été mis en évidence pour les Placodermes qui sont abondants dès la base de la Formation de Wood Bay. Les Ostéostracés, quant à eux, présentent une discontinuité moins nette puisque de nombreux genres franchissent cette limite (cf. BLIECK *et al.*, *sous presse*).

Dans le détail, les divers genres d'Hétérostracés se comportent différemment avec tantôt une superposition d'espèces distinctes (*Corvaspis kingi*/*C. graticulata* ; *Protopteraspis primaeva*/*P. vogti* ; *Anglaspis heintzi*/*A. insignis*/*A. elongata* ; *Dinaspidella robusta*/*Irregulareaspis mirabilis*/*I. hoeli*), tantôt un « relais » progressif (*Poraspis brevis*/*P. polaris*/*P. rostrata*).

Cependant, de nombreux taxons sont présents sous forme de fragments indéterminables au niveau spécifique et des découvertes ultérieures peuvent venir modifier cette image.

III. CORRÉLATIONS

Les corrélations biostratigraphiques sont établies sur la base de la plus grande ressemblance des assemblages des différentes biozones. Dans le cas présent, tous les groupes de Vertébrés sont utilisables *a priori* mais, comme les Ostéostracés du Groupe de Red Bay n'ont pas été révisés, une certaine prudence est de rigueur à leur égard (cf. JANVIER, 1980). De plus, tous les horizons n'ont pas fourni de microfaunes significatives (Thélodontes, Acanthodiens) si bien que les Hétérostracés demeurent le meilleur indicateur.

Je ne discuterai ici que la corrélation que l'on peut proposer avec l'échelle de l'Old Red Sandstone inférieur de Grande-Bretagne. Cette dernière est en effet couramment

utilisée comme séquence-type pour les régions nord-atlantiques tandis que celle du Spitsberg vient d'être proposée comme séquence-type pour les régions arctiques (Blieck *et al.*, *sous presse*).

Des études antérieures ont conclu aux corrélations partielles suivantes :

— l'horizon *Psammosteus* du Spitsberg est l'équivalent de la zone *Pococki* de Grande-Bretagne (fig. 5 ; Blieck *et al.*, *sous presse*) ;

— l'horizon *Primaeva* du Spitsberg est l'équivalent du sommet de la zone *Symondsi* ou de l'extrême base de la zone *Leathensis* de Grande-Bretagne (Ørvig, 1969) ;

— l'horizon *Anglaspis* du Spitsberg peut être mis en parallèle avec la zone *Leathensis* (Blieck, 1981) ;

— l'horizon *Vogti* est l'équivalent de la partie inférieure de la zone *Crouchi* (Goujet & Blieck, 1977).

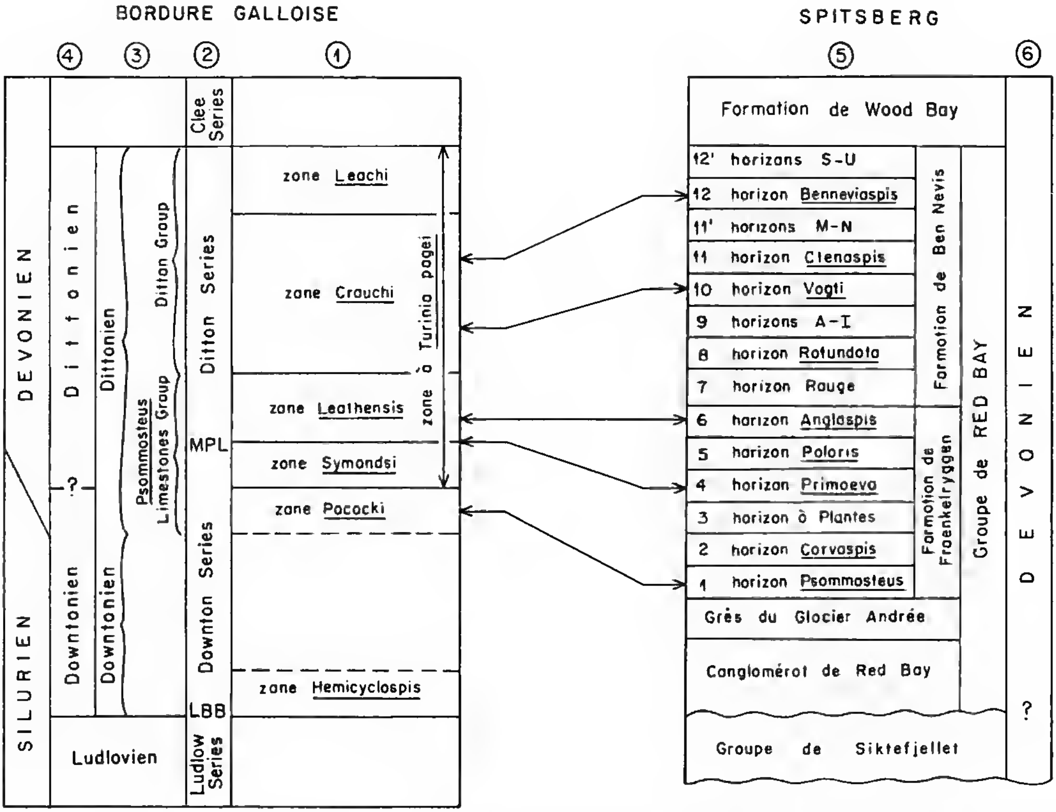


Fig. 5. — Corrélation biostratigraphique entre l'Old Red Sandstone inférieur de Grande-Bretagne et le Groupe de Red Bay du Spitsberg. 1, d'après White (1950*a*, *b* ; 1961) et Turner (1973) ; 2, d'après White (*ibid.*), Ball & Dineley (1961), Bassett *et al.* (1981) ; 3, d'après Allen & Tarlo (1963) ; 4, d'après Holland & Richardson (1977) ; 5, d'après Blieck & Heintz (1979), Blieck (1981), Blieck *et al.* (*sous presse*) ; 6, cf. Murašcov & Mokin (1979) ; MPL = « Main *Psammosteus* Limestone » ; LBB = « Ludlow Bone Bed ».

Une autre corrélation a été proposée, celle de la partie supérieure de la Formation du Ben Nevis avec le sommet de la zone *Crouchi* ou avec la zone *Leachi* (Blieck & Heintz, 1979 : 176) ; cette proposition était fondée sur l'existence dans les deux séries d'espèces d'Hétérostracés classées dans le genre *Althaspis* (*A. leachi* (White) en Grande-Bretagne ; « *A. anatirostra* » Blieck au Spitsberg). Cependant, l'espèce du Spitsberg a été renommée *Miltaspis anatirostrata* (emend. Blieck, 1981) à cause de différences morphologiques affectant ses régions rostrale et pinéale. L'argument avancé pour la corrélation est donc caduque. Pourtant, le sommet de la zone *Crouchi* renferme un autre Ptéraspididé, « *Pteraspis* » *stensioei* White (1935 ; Dittonien, zone II.3, sud-ouest de l'Herefordshire), qui offre de nombreux points communs avec « *Podolaspis* » *goujeti* Blieck (1976, 1982) : même forme du rostre, même ceinture orbitopinéale continue avec le canal pinéal dans la plaque pinéale, même divergence des canaux sensoriels médiodorsaux, même forme des cornuales. Ces caractères communs doivent à mon avis les faire classer dans un même genre nouveau (voir p. 88). Or, « *P.* » *goujeti* provient de l'horizon *Vogti* du Spitsberg et son extension verticale monte probablement jusque dans l'horizon *Benneviaspis* (fig. 4), ce qui revient à dire que les niveaux situés au-dessus de l'horizon *Vogti* (horizon *Ctenaspis* à hor. *Benneviaspis*) sont vraisemblablement équivalents à la partie supérieure de la zone *Crouchi* (fig. 5).

En ce qui concerne la base de la Formation de Fraenkelryggen, c'est-à-dire l'horizon *Psammosteus*, le problème de son attribution a été élucidé par la découverte de *Traquairaspis* cf. *pococki*, ce qui le met en parallèle avec la zone *Pococki* de Grande-Bretagne (fig. 5). Pourtant, il subsiste une difficulté : la zone *Pococki* est-elle à la base du Dévonien ou au sommet du Silurien, ou encore : s'agit-il du Dittonien basal ou du Downtonien supérieur ? En effet, lors de l'établissement de la biozonation des Hétérostracés de l'Old Red Sandstone inférieur de Grande-Bretagne, White (1950*a*, *b* ; 1961) avait classé les zones *Pococki* et *Symondsi* au sommet du Downtonien de la série-type de la Bordure galloise (« Upper Red Downton »). Par la suite Allen & Tarlo (1963), se fondant sur des arguments lithologiques, ont défini un « *Psammosteus* Limestones Group » réunissant les zones *Pococki*, *Symondsi* et *Leathensis* (placées à cette époque dans le Dévonien inférieur puisque la limite Silurien/Dévonien était confondue avec la limite Ludlow/Downton). Turner (1973), quant à elle, a établi une autre biozonation sur les Thélodontes et a montré que la faune à *Turinia pagei* s'étendait de part et d'autre de la limite Downton/Ditton de White. Or, comme en d'autres endroits (Espagne, URSS ; cf. Goujet, 1978 ; Karatajute-Talimaa, 1978) *Turinia pagei* apparaît avec la base du Dévonien nouvellement redéfinie à l'apparition de *Monograptus uniformis* (voir en particulier Chlupáč, 1977), il a été conclu que la faune à *Turinia pagei* en Grande-Bretagne y marque le Dévonien basal ; les zones *Pococki*, *Symondsi* et *Leathensis* sont alors du Dévonien inférieur et la limite Downtonien/Dittonien d'Allen & Tarlo (1963) correspond à la limite Silurien/Dévonien. Cependant, Bassett *et al.* (1981) viennent de revoir l'ensemble du problème et proposent de retourner à la définition originelle du Downtonien (« Downton Series », défini dans la région de Downton-Ludlow) qu'ils considèrent comme le quatrième et dernier étage du Silurien de Grande-Bretagne. Dans ce cas, les zones *Pococki* et *Symondsi* « se retrouvent dans le giron » du Silurien supérieur et *Tu. pagei* apparaît au sommet du Silurien en Grande-Bretagne.

Au Spitsberg, les horizons 1 à 4 (horizon *Psammosteus* à hor. *Primaeva*), corrélés aux zones *Pococki* et *Symondsi*, seraient alors du Downtonien supérieur (Silurien terminal).

Cependant, MURAŠCOV & MOKIN (1979) citent à la base du Groupe de Red Bay et dans le Groupe de Siktefjellet (sous l'horizon *Psammosteus*) une association de Plantes (*Hostimella*, *Prototaxites* et *Taeniocrada*) qui serait significative du Dévonien inférieur, encore que cette association soit connue dès le Přidoli (CHALONER & SHEERIN, 1979, fig. 1).

CONCLUSION

Ce survol des résultats récents concernant la biostratigraphie de l'Old Red Sandstone inférieur de Grande-Bretagne et des séries équivalentes du Spitsberg montre que certains problèmes ne sont pas encore résolus. Si la corrélation du Groupe de Red Bay avec les zones *Pococki-Symondsi-Leathensis-Crouchi* de Grande-Bretagne est bien étayée par la biozonation des Hétérostracés (+ les Thélodontes et les Ostéostracés), en revanche, l'âge relatif dans l'échelle stratigraphique internationale des zones *Pococki* et *Symondsi* n'est pas définitivement établi. Il est à mon avis préférable d'attendre les conclusions de la « Subcommission on Silurian Stratigraphy » qui fixera le statut du dernier étage du Silurien (Přidoli, Downton...). Dans ce cadre, une autre voie de recherche devra être explorée : la biozonation des spores dans le Groupe de Red Bay. Ce travail est actuellement en cours pour la Grande-Bretagne (BASSETT *et al.*, 1981) et il conviendra de disposer d'éléments analogues pour le Spitsberg afin de tester l'âge de la base de la série (Dévonien ou non).

Remerciements

Je veux exprimer ici ma reconnaissance à D. GOUJET et P. JANVIER (Paris) qui ont bien voulu contrôler les données concernant les Thélodontes, Acanthodiens et Ostéostracés. Les clichés au MEB des planches II à V ont été réalisés par Mme S. LAROCHE (LA 12) ; les macrophotographies des planches I, III, V et VI sont l'œuvre de Mme J. CHALAVOUX (LA 12). Mr I. HANCZ (Oslo) est l'auteur de la figure 1 de la planche VI. Mme F. PILARD (LA 12) a dessiné les figures 4 et 5. Enfin, Mme E. MOLIN a dactylographié le manuscrit. Toutes et tous, je les en remercie.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

ALLEN, J. R. L., & L. B. TARLO, 1963. — The Downtonian and Dittonian facies of the Welsh Borderland. *Geol. Mag.*, **100** (2) : 129-155.

BALL, H. W., & D. L. DINELEY, 1961. — The Old Red Sandstone of Brown Clee Hill and the adjacent area. I : Stratigraphy. *Bull. Brit. Mus. nat. Hist.*, Geol., **5** (7) : 177-242.

BASSETT, M. G., J. D. LAWSON & D. E. WHITE, 1981. — The Downton Series as the fourth Series of the Silurian System. A submission to the Subcommission on Silurian Stratigraphy (may 1981). IGCP Project 53 (Ecostratigraphy), 53 p., IUGS edit.

BERG, L. S., 1940. — Classification of fishes, both recent and fossil. *Trav. Inst. Zool. Acad. Sci. URSS*, **5** (2) : 517 p. (en russe et en anglais).

BLIECK, A., 1976. — Contribution à l'étude des Hétérostracés de l'horizon « Vogti » (Dévonien inférieur du Spitsberg). Thèse Doct. 3e cycle, Univ. Paris-VI : 102 p. (inédit).

— 1981. — Le genre *Protopteraspis* Leriche (Vertébrés, Hétérostracés) du Dévonien inférieur nord-atlantique. *Palaeontographica*, A, **173** (5-6) : 141-159.

— 1982. — Les Hétérostracés (Vertébrés, Agnathes) de l'horizon *Vogti* (Groupe de Red Bay, Dévonien inférieur du Spitsberg). *Cah. Paléont.*, Paris, CNRS éd. : 51 p., 11 pl. h. t.

Blieck, A., & D. Goujet, 1978. — A propos de nouveau matériel de Thélodontes (Vertébrés, Agnathes) d'Iran et de Thaïlande : aperçu sur la répartition géographique et stratigraphique des Agnathes des « régions gondwaniennes » au Paléozoïque moyen. *Annls Soc. géol. N.*, **97** (4) : 363-372.

Blieck, A., D. Goujet & P. Janvier, *sous presse.* — The vertebrate biostratigraphy of the Lower Devonian of Spitsbergen (Red Bay Group and Wood Bay Formation). *Polar Research*, Oslo.

Blieck, A., & N. Heintz, 1979. — The heterostracan faunas in the Red Bay Group (Lower Devonian) of Spitsbergen and their biostratigraphical significance : a review including new data. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 7e sér., **21** (2) : 169-181.

Blieck, A., et N. Heintz, *sous presse.* — The Cyathaspids of the Red Bay Group (Lower Devonian) of Spitsbergen. *Polar Research*, Oslo.

Brotzen, F., 1933. — *Weigeltaspis* nov. gen. und die Phylogenie der panzertragenden Heterostraci. *Cbl. miner. geol. Paläont.*, B : 648-656.

Chaloner, W. G., & A. Sheerin, 1979. — Devonian macrofloras. *In* : House, M. R., C. T. Scrutton & M. G. Bassett, The Devonian system. *Spec. Pap. Palaeont.*, **23** : 145-161.

Chlupáč, I., 1977. — Barrandian. *In* : A. Martinsson, The Silurian-Devonian boundary. IUGS Ser. A, **5** : 84-95.

Claypole, E. W., 1885. — On the recent discovery of Pteraspidian fish in the Upper Silurian rocks of North America. *Q. Jl geol. Soc. Lond.*, **41** (161) : 48-64.

Denison, R. H., 1956. — A review of the habitat of the earliest vertebrates. *Fieldiana, Geol.*, **11** (8) : 359-457.

— 1963. — New Silurian Heterostraci from southeastern Yukon, with introduction by H. R. Hovdebo, A. C. Lenz and E. W. Bamber. *Fieldiana, Geol.*, **14** (7) : 105-141.

— 1964. — The Cyathaspididae, a family of Silurian and Devonian jawless vertebrates. *Fieldiana, Geol.*, **13** (5) : 311-473.

— 1970. — Revised classification of Pteraspididae with description of new forms from Wyoming. *Fieldiana, Geol.*, **20** (1) : 1-41.

Dineley, D. L., 1955. — Notes on the genus *Corvaspis*. *Proc. R. Soc. Edinb.*, B, **65** (2) : 166-181.

— 1964. — New specimens of *Traquairaspis* from Canada. *Palaeontology*, **7** : 210-219.

Dineley, D. L., & E. J. Loeffler, 1976. — Ostracoderm faunas of the Delorme and associated Siluro-Devonian Formations, North West Territories, Canada. *Palaeontology*, Spec. Pap., **18** : 214 p.

Elliott, D. K., 1979. — New Pteraspididae from Arctic Canada. Ph. D. Thesis, Univ. Bristol : 165 p. (inédit).

Føyn, S., & A. Heintz, 1943. — The Downtonian and Devonian Vertebrates of Spitsbergen, VIII : the English-Norwegian-Swedish expedition 1939, geological results. *Skr. Svalbard Ishavet*, **85** : 51 p.

Friend, P. F., 1961. — The Devonian stratigraphy of North and Central Vestspitsbergen. *Proc. Yorks. geol. Soc.*, **33** (1), 5 : 77-118.

Goujet, D., 1978. — Arthrodires Dolichothoraci du Dévonien inférieur du Spitsberg. Anatomie, phylogénie, environnement. Thèse Doct. État, Univ. P. et M. Curie (Paris-VI) : 377 p. (inédit).

Goujet, D., & A. Blieck, 1977. — La faune de Vertébrés de l'horizon « Vogti » (Groupe de Red Bay, Spitsberg). Comparaison avec les autres faunes ichthyologiques du Dévonien inférieur européen. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, D, **284** (16) : 1513-1515.

HEDBERG, H. D., *et al.*, 1979. — Guide stratigraphique international. Classification, terminologie et règles de procédure. Doin édit., Paris : 233 p.

HEINTZ, N., 1960. — The Downtonian and Devonian Vertebrates of Spitsbergen, X : two new species of the genus *Pteraspis* from the Wood Bay series in Spitsbergen. *Norsk Polarinst. Skr.*, **117** : 13 p.

— 1968. — The pteraspid *Lyktaspis* n. g. from the Devonian of Vestspitsbergen. *In* : T. ØRVIG, Problems of Lower Vertebrate Phylogeny. Nobel Symp. 4 : 73-80.

HOLLAND, C. H., & J. B. RICHARDSON, 1977. — The British Isles. *In* A. MARTINSSON, The Silurian-Devonian boundary. IUGS Ser. A, **5** : 35-44.

JANVIER, P., 1980. — Les Osteostraci de la Formation de Wood Bay (Dévonien inférieur, Spitsberg) et le problème des relations phylogéniques entre Agnathes et Gnathostomes. Thèse Doct. État, Univ. P. et M. Curie (Paris-VI) : 404 p. (inédit).

JANVIER, P., & A. BLIECK, 1979. — New data on the internal anatomy of the Heterostraci (Agnatha), with general remarks on the phylogeny of the Craniota. *Zool. Scripta*, **8** : 287-296.

KARATAJUTE-TALIMAA, V. N., 1978. — (Silurian and Devonian Thelodonts of the U.S.S.R. and Spitsbergen). Mosklas edit., Vilnius : 334 p. (en russe).

KIAER, J., 1928. — The structure of the mouth of the oldest known vertebrates, pteraspids and cephalaspids. *Palaeobiologica*, **1** : 117-134.

— 1930. — *Ctenaspis*, a new genus of cyathaspidian fishes. A preliminary report. *Skr. Svalbard Ishavet*, **33** : 7 p.

— 1932. — The Downtonian and Devonian Vertebrates of Spitsbergen, IV : Suborder Cyathaspida. *Skr. Svalbard Ishavet*, **52** : 26 p.

KIAER, J., & A. HEINTZ, 1935. — The Downtonian and Devonian Vertebrates of Spitsbergen, V : Suborder Cyathaspida, I : tribe Poraspidei, family Poraspidae. *Skr. Svalbard Ishavet*, **40** : 138 p.

KNER, R., 1847. — Ueber die beiden Arten *Cephalaspis Lloydii* und *Lewisii*, Agassiz, und einige diesen zunächst stehenden Schalenreste. *Naturw. Abh., Berl.*, W. Haidinger, **1** (14) : 159-168.

LANKESTER, E. R., 1868. — The Cephalaspidae. *In* : J. POWRIE, & E. R. LANKESTER, A Monograph of the Fishes of the Old Red Sandstone of Britain. Palaeontographical Soc. : 62 p.

LOEFFLER, E. J., & D. L. DINELEY, 1976. — A new species of *Corvaspis* (Agnatha, Heterostraci) from the Upper Silurian to Lower or Middle Devonian of the North West Territories, Canada. *Palaeontology*, **19** (4) : 757-766.

MURAŠCOV, L. G., & Ju. I. MOKIN, 1979. — Stratigraphic subdivision of the Devonian deposits of Spitsbergen. *In* T. S. WINSNES, The geological development of Svalbard during the Precambrian, Lower Palaeozoic and Devonian (Oslo, 1975). *Norsk Polarinst. Skr.*, **167** : 249-261.

NEAVE, S. A., 1939. — Nomenclator Zoologicus, vol. II.

OBRUCHEV, D. V., 1964. — (Subclass Heterostraci (Pteraspides)). *In* : J. A. ORLOV, Fundamentals of Paleontology. I, A (11), Agnatha and Pisces : 45-82 (en russe).

OBRUCHEV, D. V., & V. N. KARATAJUTE-TALIMAA, 1967. — Vertebrate faunas and correlation of the Ludlovian-Lower Devonian in eastern Europe. *In* : C. PATTERSON, & P. H. GREENWOOD, Fossil Vertebrates, *J. Linn. Soc. Lond.*, Zool., **47** (311) : 5-14.

ØRVIG, T., 1969. — The vertebrate fauna of the Primaeva beds of the Fraenkelryggen Formation of Vestspitsbergen and its biostratigraphic significance. *Lethaia*, **2** (3-4) : 219-239.

TARLO, L. B. Halstead, 1962. — The classification and evolution of the Heterostraci. *Acta palaeont. pol.*, **7** (1-2) : 249-290.

— 1964. — Psammosteiformes (Agnatha) — A review with descriptions of new material from the Lower Devonian of Poland. I : General part. *Palaeont. pol.*, **13** : 135 p.

— 1965. — *Ibid.*, II : Systematic part. *Ibid.*, **15** : 168 p.

TRAQUAIR, R. H., 1898. — Notes on Palaeozoic fishes. *Ann. Mag. nat. Hist.*, ser. 7, **2** (7) : 67-70.

— 1913. — Note on the fish-remains collected by Messrs. R. Campbell, W. T. Gordon and B. N. Peach in Paleozoic strata at Cowie, Stonehaven. *Rep. Br. Ass. Advmt Sci.*, Dundee, **82** : 463.

TURNER, S., 1973. — Siluro-Devonian thelodonts from the Welsh Borderland. *J. geol. Soc. London*, **129** (6) : 557-584.

WÄNGSJÖ, G., 1952. — The Downtonian and Devonian Vertebrates of Spitsbergen, IX : Morphologic and systematic studies of the Spitsbergen cephalaspids. Results of Th. Vogt's expedition 1928 and the English-Norwegian-Swedish expedition 1939. *Skr. Svalbard Ishavet*, **97** : 611 p.

WHITE, E. I., 1935. — The Ostracoderm *Pteraspis* Kner and ther elationship of the agnathous vertebrates. *Phil. Trans. R. Soc.*, London, B, **527** (225) : 381-457.

— 1946. — The genus *Phialaspis* and the « *Psammosteus* Limestones », *Q. Jl. geol. Soc. Lond.*, **101** : 207-242.

— 1950*a*. — The vertebrate faunas of the Lower OldR ed Sandstone of the Welsh Borders. *Bull. Br. Mus. nat. Hist.*, Geol., **1** (3) : 51-67.

— 1950*b*. — *Pteraspis leathensis* White, a Dittonian zone-fossil. *Ibid.* : 69-89.

— 1961. — The Old Red Sandstone of Brown Clee Hill and the adjacent area. II : Palaeontology. *Bull. Br. Mus. nat. Hist.*, Geol., **5** (7) : 243-310.

WOODWARD, A. S., 1934. — Note on a new cyathaspidian fish from the Upper Downtonian of Corvedale. *Q. Jl. geol. Soc. Lond.*, **90** : 566-567.

PLANCHE I

Hétérostracés de l'horizon *Psammosteus*.

1 et 2 — *Traquairaspis* cf. *pococki* (White), disques ventraux incomplets MNHN nº SVD 796 et 792.
3 et 4 — *Corvaspis kingi* Woodward, fragments de carapaces MNHN nº SVD 798 et 800.
5 — *Davelaspis tuberculata* n. gen., n. sp., holotype PMO nº D 500.

Tous les spécimens sont représentés à la même échelle.

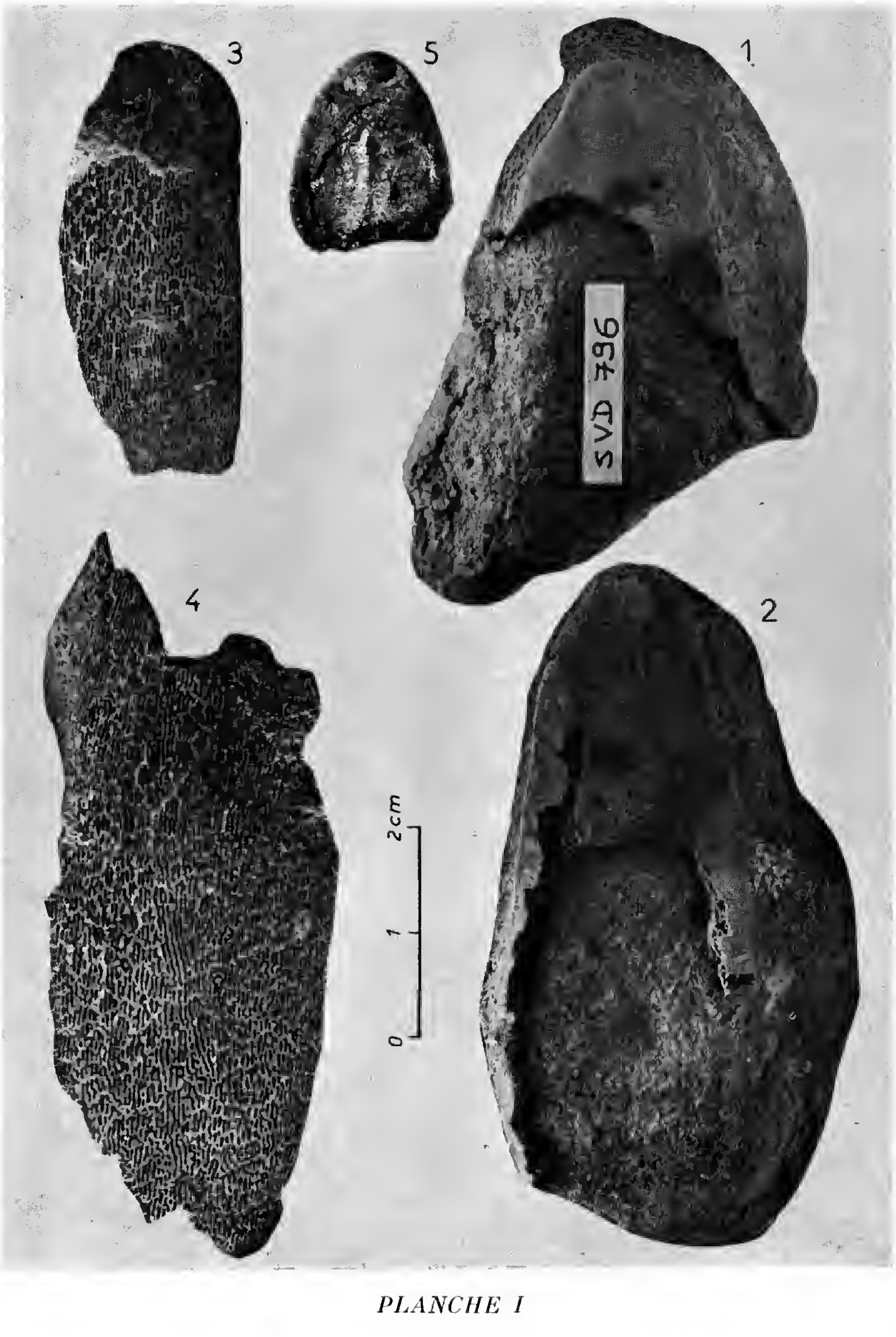


PLANCHE I

PLANCHE II

Hétérostracés de l'horizon *Psammosteus*.

1 — *Traquairaspis* sp. indet., écaille du tronc MNHN n° SVD 782c (cliché MEB n° 442-30).
2-5 — *Corvaspis* sp. indet., écailles du tronc MNHN n° SVD 783a, 783b, 783c et 783f (clichés 444-30, 445-30, 446-30 et 453-30).
6 — *Davelaspis tuberculata* n. gen., n. sp., fragment de bouclier MNHN n° SVD 784c (cliché 460-70).

Figures 1-5 à la même échelle.

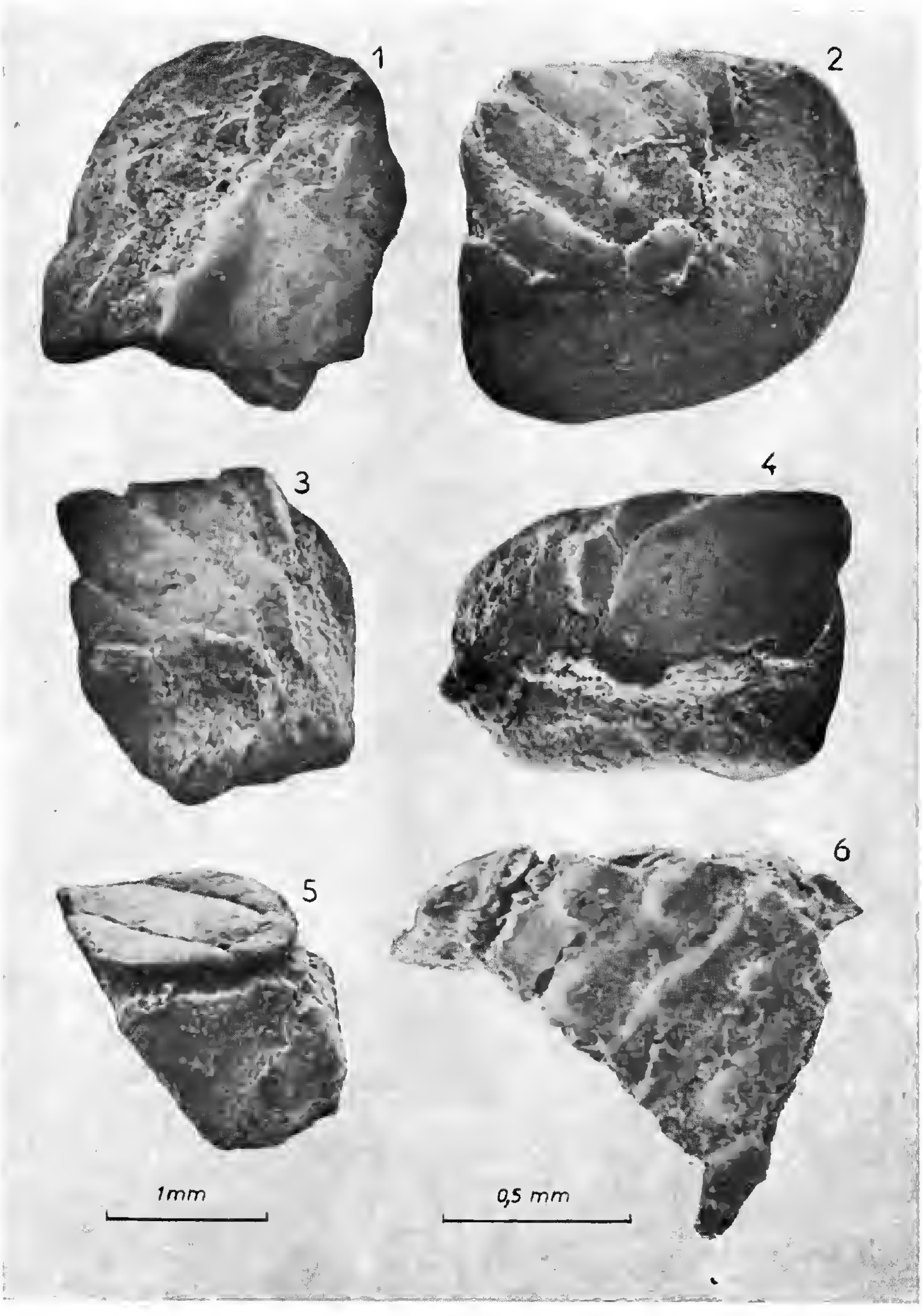


PLANCHE II

PLANCHE III

1 — *Corvaspis kingi*, fragment de bouclier MNHN n° SVD 996a (cliché MEB n° 158-50), horizon *Corvaspis.*

2-7 : Hétérostracés de l'horizon *Primaeva.*

2 — *Traquairaspis* sp. indet., fragment de plaque MNHN n° SVD 690a (cliché 227-50).
3 — *Corvaspis kingi*, fragment de plaque MNHN n° SVD 691a (cliché 238-35).
4-5 — *Corvaspis* sp. indet., écailles des flancs MNHN n° SVD 691b et 691c (clichés 239-70 et 240-70 ; même grossissement).
6 — *Anglaspis heintzi*, bouclier dorsal MNHN n° SVD 694.
7 — *Lepidaspis* ? sp. indet., tessère MNHN n° SVD 690c (cliché MEB n° 233-35).

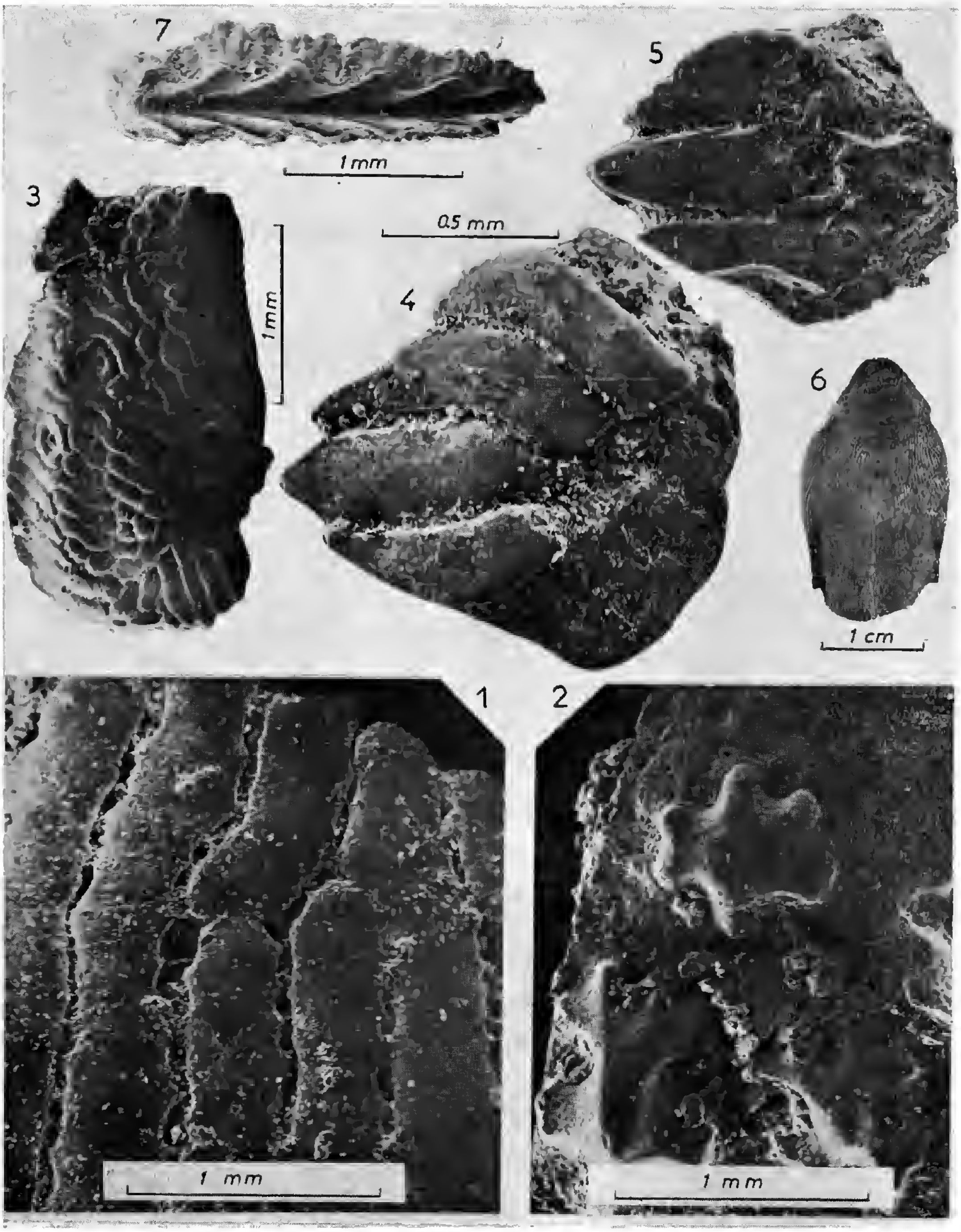


PLANCHE III

PLANCHE IV

Hétérostracés de l'horizon *Polaris*.

1 — *Traquairaspis* sp. indet., fragment d'écaille MNHN n° SVD 660a (cliché MEB n° 242-17 ; l'avant est en haut).

2 — *Lepidaspis* ? sp. indet., tessère MNHN n° SVD 661a (cliché 245-50).

3-6 — *Corvaspis* sp. indet. : 3, écaille faîtière ?, MNHN SVD 663g (cliché 259-33) ; 4, fragment de bouclier (peut-être de *C. kingi*), MNHN n° SVD 662a (cliché 250-20) ; 5, écaille MNHN n° SVD 663a (cliché 251-33) ; 6, base d'écaille MNHN n° SVD 663 l (cliché 266-33 ; l'avant de l'écaille est en haut à droite comme sur la figure 5).

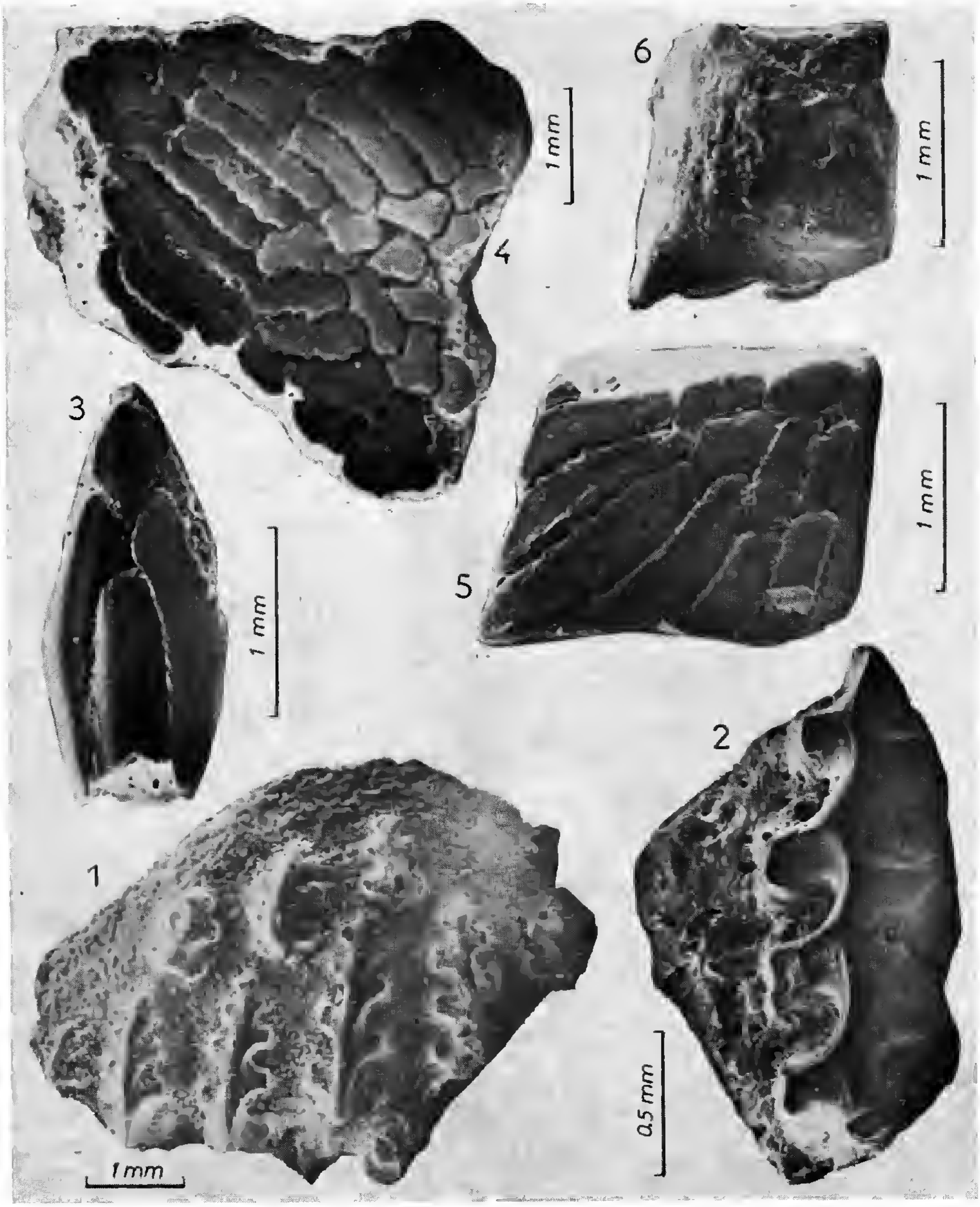


PLANCHE IV

PLANCHE V

Hétérostracés de l'horizon *Anglaspis*.

1-3 — *Anglaspis insignis*, disque ventral MNHN n° SVD 615 et boucliers dorsaux SVD 616 et 606.
4 — *Dinaspidella* sp. indet., disque ventral SVD 625 (même grossissement que fig. 1-3).
5 — *Protopteraspis aquilonia*, bouclier dorsal SVD 613.
6 — *Traquairaspis* sp. indet., écaille des flancs SVD 607.
7-8 — *Lepidaspis* ? sp. indet., tessères SVD 620b et 620c (clichés MEB n° 282-40 et 283-80).
9 — *Corvaspis kingi* ?, fragment de bouclier SVD 608.
10-11 — *Corvaspis* sp. indet., écaille des flancs SVD 622a et écaille faîtière ? SVD 622b (clichés 286-50 et 289-50 ; même grossissement).

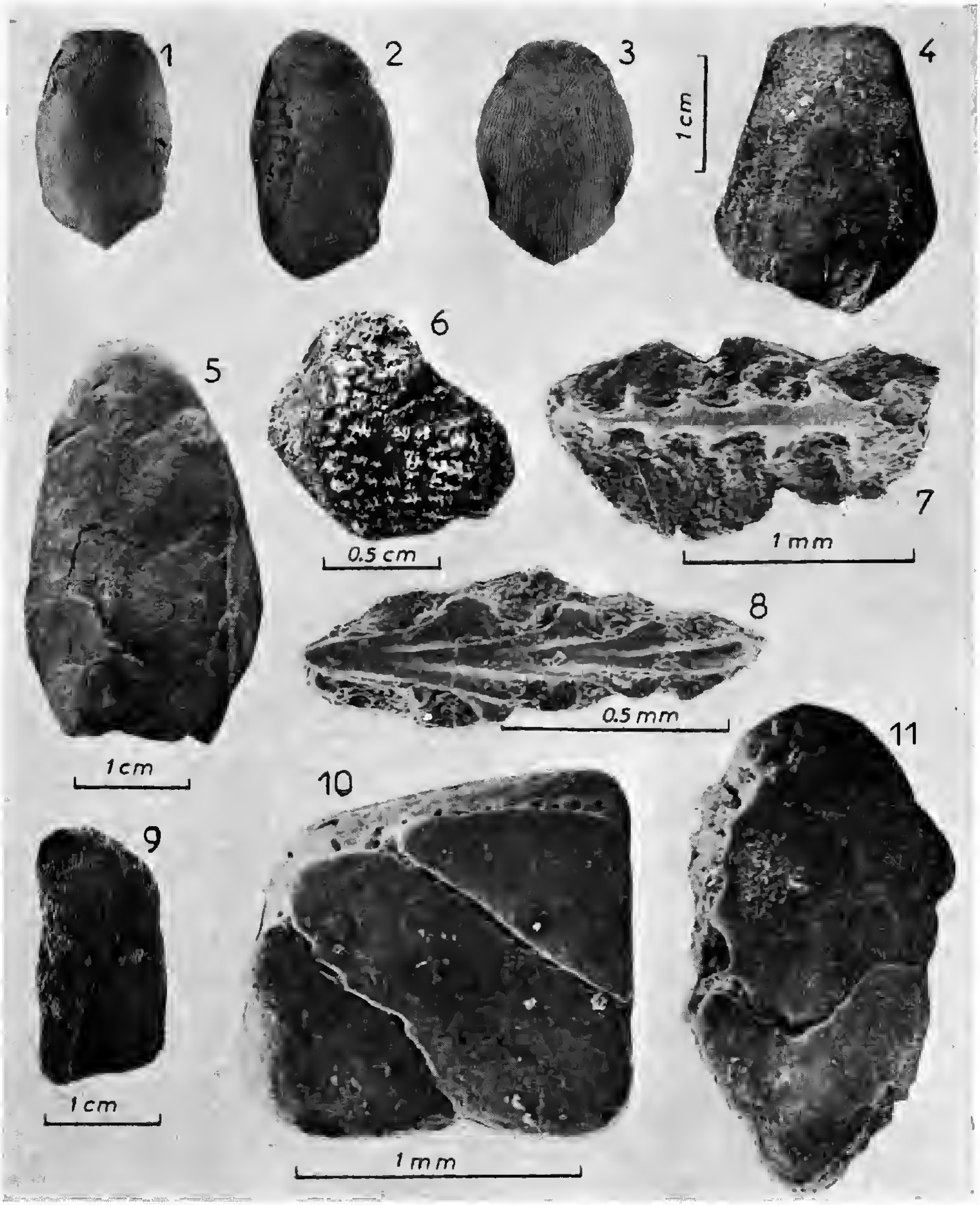


PLANCHE V

PLANCHE VI

1 — *Canadapteraspis ? ovalis* n. sp., holotype PMO n° D 3889, bouclier dorsal, horizon *Rotundata*.

2-3 — *Weigeltaspis heintzi*, moulage élastomère du spécimen MNHN n° SVD 900, disque dorsal, moraine du Glacier Andrée (horizon *Vogti*). 2, vue externe (supérieure) ; 3, vue latérale gauche (l'avant est à gauche).

4-5 — *Weigeltaspis heintzi*, holotype PMO n° D 2440/2441, disque dorsal essentiellement en moule interne, même origine que SVD 900. 4, vue d'ensemble (l'avant est à droite) ; 5, détail de l'ornementation d'un fragment d'os de la partie antérieure droite du disque (mêmes spécimens que Tarlo, 1964, pl. IV, fig. 6-7 ; 1965, pl. IV, fig. 2).

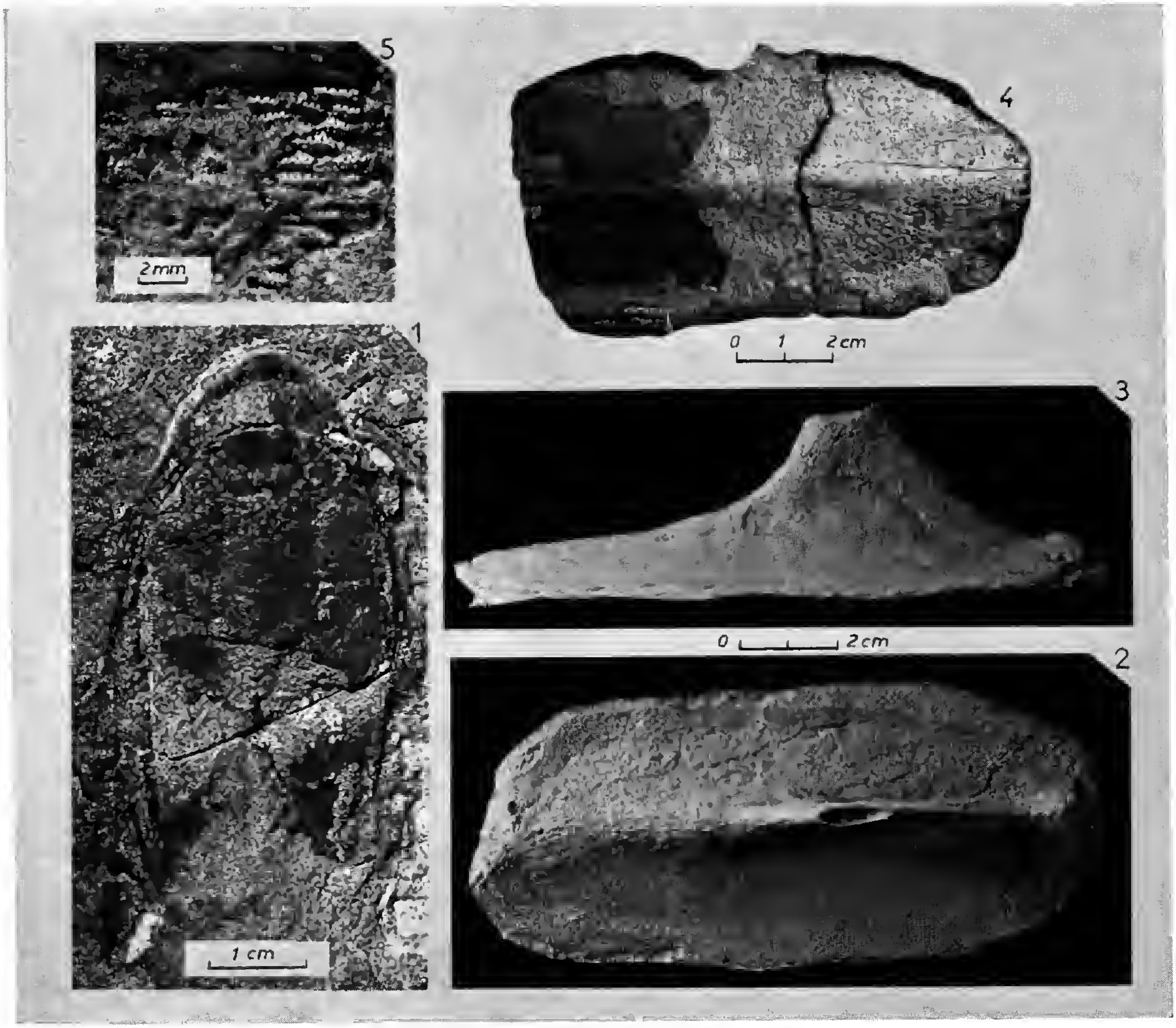


PLANCHE VI

Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris, 4e sér., 5, 1983,
section C, nº 1 : 113-159.

Sur des niveaux de black shales dans l'Albien inférieur et moyen du domaine vocontien (sud-est de la France) : étude de nannofaciès et signification des paléoenvironnements

par Jean-G. Bréhéret

Résumé. — Des niveaux de black shales, discrètement laminés, riches en carbone organique, à poissons et Céphalopodes écrasés, sont découverts dans le faciès « Marnes bleues » de l'Albien inférieur et moyen du domaine vocontien (sud-est de la France). Leur continuité est montrée sur de grandes distances, des corrélations étant même établies pour des passées centimétriques sur plus de 100 km. Ceci suggère ainsi, à l'échelle du bassin, la généralité d'épisodes particuliers dans la sédimentogenèse. L'analyse des caractères lithologiques, paléontologiques et nannofaciologiques indique que le dépôt de ces passées de black shales s'est opéré alors qu'une stratification stable des eaux déterminait une anoxie. Ainsi, la faune est de façon typique purement nectoplanctique. Les lamines et lentilles calcitiques préservées de toute bioturbation sont constituées de coccolithes. Cependant, l'une des passées est caractérisée par une population monospécifique de *Nannoconus*. Un certain confinement du bassin vocontien au Crétacé moyen, notamment à cause de la surélévation de l'Isthme Durancien, et par ailleurs des communications relativement limitées avec le domaine océanique téthysien, pourrait être à l'origine d'une circulation paresseuse des eaux. Des variations dans les apports fluviatiles et dans le volume des précipitations seraient alors susceptibles de provoquer l'instauration d'un corps d'eaux stagnantes. Ces épisodes répétés d'euxinisme s'inscrivent chronologiquement dans l'événement anoxique océanique du Crétacé moyen.

Abstract. — Widespread black shales layers, faintly laminated, rich in organic carbon, with fishes and crushed Cephalopoda are discovered in the "Marnes bleues" formation of the lower and middle Albian of the Vocontian Zone (SE of France). Their continuity is found on large scale surface, and correlations are established even for centimetric horizons on more than 100 km distances. This therefore suggests on the basin scale the generality of particular episodes in sedimentogenesis. The analysis of lithological, paleontological and nannofacies characteristics shows that the deposition of these black shales layers occured when stable stratification of waters induced anoxic episodes. Thus, the fauna is typically nectoplanktic. Calcitic laminae and lenses preserved from bioturbations are composed of coccoliths. Yet one of these layers is characterised by a monospecific populations of *Nannoconus*. A certain confinement of the Vocontian Basin at the Middle Cretaceous age, particularly due to the Durancian Isthmus uplift, and also to rather limited communication with the oceanic tethysian zone may be the cause of a sluggish water circulation. Variations in rivers inputs and rainfall volume might well then induce the institution of a stagnant water body. These repeated euxinism episods are coeval with the Mid-Cretaceous Oceanic Anoxic Event.

Key words. — Middle Cretaceous, Albian, Vocontian Basin, sedimentology, black shales, Marnes bleues, fishes, Cephalopoda, nannofacies, nannofossils, *Nannoconus*, paleoenvironment, anoxic events.

J.-G. Bréhéret, *Laboratoire de Géologie, Faculté des Sciences, Parc de Grandmont, Université de Tours, 37200 Tours-GRECO 52 : « Nature et Genèse des faciès confinés ».*

Introduction

Depuis quelques années, de nombreuses études sur les forages profonds océaniques, réalisés dans le cadre du DSDP, nous ont montré la généralité de faciès particuliers, riches en matière organique, groupés sous le terme de « black shales », déposés à la partie moyenne du Crétacé dans nombre de bassins océaniques, notamment en Atlantique. Ces faciès consistent en alternances d'argiles ou de marnes verdâtres et de shales noirs ; ils succèdent aux alternances de calcaires et de marnes sombres déposées au Crétacé inférieur. Les études sur le continent des dépôts synchrones, particulièrement dans les environnements téthysiens, confirment la fréquence relative de ces faciès. Ceci peut suggérer qu'une cause commune, d'échelle globale, se trouve à leur origine, à laquelle se surajoutent cependant les effets des particularités locales. En 1974, Bernoulli et Jenkyns établissaient ainsi un parallèle entre les « black clays » de l'ouest de l'Atlantique central, les « dark clays » de l'est de cet océan et les « black shales » de l'Apennin ligure.

J'ai pour ma part trouvé dans les Marnes bleues du domaine vocontien un ensemble de couches de shales noirs, fissiles, finement laminés, de vaste répartition géographique. Le synchronisme de cet événement et des dépôts de black shales d'un certain nombre de bassins m'a semblé digne de retenir l'attention. Notons qu'avant la présente découverte de shales noirs généralisés dans le domaine vocontien, un rapprochement entre les sédiments médio-crétacés de l'Atlantique et le faciès « Marnes bleues » vocontiennes avait été évoqué notamment par Guérin et Moullade (1979), Jenkyns (1980), de Boer *et al.* (1980), et de Graciansky *et al.* (1981).

Il m'a semblé utile de consacrer cette note préliminaire à la description de mes observations sur les shales noirs de l'Albien vocontien, dont on perçoit maintenant une certaine analogie avec nombre de sédiments synchrones déposés dans d'autres bassins. On trouvera donc une présentation des faciès à l'affleurement, des résultats de l'étude d'échantillons à la loupe, en lame mince et au MEB, complétée des mesures de teneurs en carbonates et en carbone organique. J'essayerai ensuite d'en tirer quelques informations relatives à la sédimentation vocontienne à l'Éoalbien.

I. CADRE GÉOLOGIQUE

Au Crétacé moyen, le domaine vocontien (fig. 1), individualisé à l'intérieur de faisceaux d'accidents considérés par Baudrimont et Dubois (1977) comme mis en place au tardi-Hercynien, formait un bassin relativement déprimé, entouré de hauts fonds (Vercors, Ventoux, Lure) supportant les faciès urgoniens édifiés au Barrémo-Bédoulien, ainsi que l'axe peu profond du haut Verdon. Ce bassin était situé sur la marge nord-téthysienne (à l'ouest de la marge européenne), selon le concept né des études de Bernoulli (1972) et de Graciansky *et al* (1979, 1981), élaboré grâce à la comparaison du domaine alpin avec l'évolution des marges de l'Atlantique.

Dans le sud-est de la France, les Marnes bleues, ainsi nommées localement, frappent

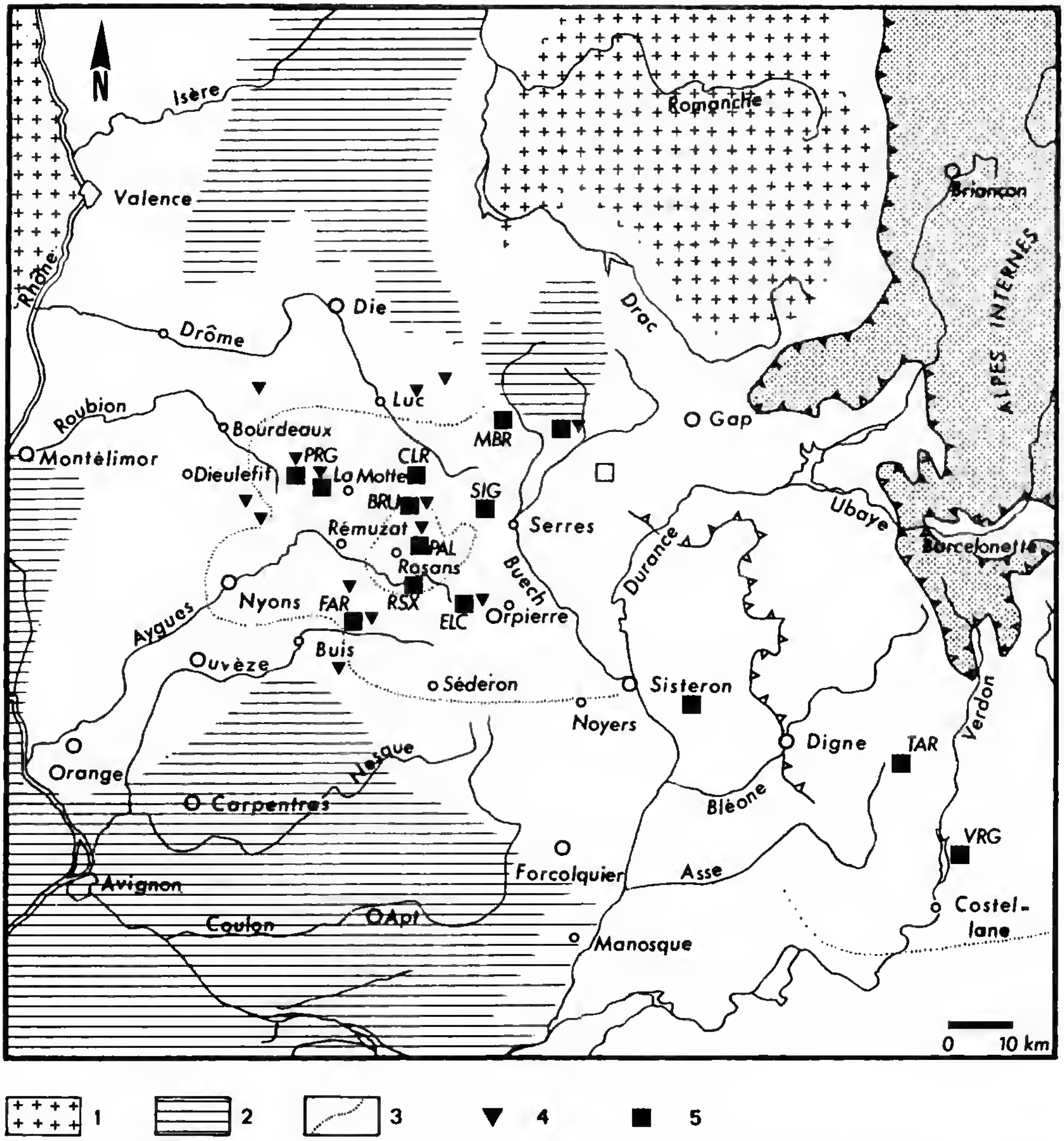


Fig. 1. — Le Domaine vocontien. Localisation des coupes étudiées. 1, massifs cristallins ; 2, extension du faciès urgonien (Barrémien-Bédoulien) ; 3, limites des intercalations gréseuses d'après Moullade (1966), légèrement modifiées ; 4, affleurements du niveau Jacob ; 5, affleurements du niveau Paquier.

l'observateur par leur aspect particulier. En effet, au-dessus de la sédimentation rythmique néocomienne où le couple calcaire-marne induit une succession très nette bancs-interbancs, vient une masse de sédiments sombres dont la monotonie n'est brisée que de loin en loin par de rares bancs calcaires et des niveaux fissiles noirs. Dans les marnes encaissantes — c'est-à-dire dans lesquelles s'intercalent les niveaux dont il est question — les alternances constituent un phénomène subtil évoqué depuis peu de temps notamment par de Boer *et al.* (1980), Jenkyns (1980), de Graciansky *et al.* (1981). En fait, à part les quelques bancs calcaires isolés, excepté le faisceau clansayésien, les fluctuations de la phase calcaire sont faibles et ne se remarquent que grâce à une observation attentive des faciès. On note une certaine augmentation du contraste banc calcaire — interbanc marneux au cours de l'épisode plus calcaire de l'Albien supérieur-Vraconien inférieur (*cf.* fig. 18, *in* Moullade, 1966). Au Vraconien supérieur, sommet des Marnes bleues, la rythmicité redevient très discrète.

La teneur en calcaire des marnes encaissantes est bien inférieure à celle qui a été enregistrée pour les alternances néocomiennes où les valeurs oscillent entre 60 et 95 % pour les calcaires et 40 à 70 % pour les interbancs marneux (mesures personnelles et *cf.* Cotillon *et al.*, 1980). Ici la teneur oscille entre 20 et 40 %. Dans les niveaux fissiles elle se situe entre 8 et 25 %, avec en certains niveaux particuliers un enrichissement allant jusqu'à 50 % et dont on verra plus loin la signification. La phase calcaire est plus importante dans l'Albien supérieur, avec des concentrations de 55 à 90 % dans les bancs et de 25 à 50 % dans les interbancs.

On remarquera, comme il est fait état ci-dessus, que la proportion de calcaire est parfois inférieure à 35 %, voire à 20 %, dans les marnes encaissantes de l'Albien inférieur et moyen ; le terme d'argile calcaire serait alors plus judicieux. Par ailleurs, la fraction silteuse est parfois assez importante, surtout en bordure du bassin.

A trois reprises, des intercalations grossièrement détritiques viennent perturber, sur les bordures, la sédimentation relativement calme du bassin : au Méso-Gargasien, à l'Albien inférieur et à l'Albien supérieur (Moullade, 1966). Des glissements synsédimentaires se rencontrent fréquemment dans le Gargasien, le Clansayésien et l'Albien supérieur, en contexte alternant. Leur existence possible dans l'Albien inférieur et moyen est difficile à mettre en évidence compte tenu de l'homogénéité du terrain ; néanmoins, les niveaux repères n'en sont pas affectés.

Les dépôts d'âge Albien inférieur et moyen qui font l'objet de ce travail, formés essentiellement de marnes sombres, comportent plusieurs niveaux de matériel fissile, discrètement laminé, de couleur gris foncé à noir (5 Y 3/1 ; 2,5 Y 2/0), tout à fait caractéristiques. Ces termes fissiles sont désignés ici sous le nom de shales. Pour Tourtelot (1960), en effet, l'origine même du mot shale donne droit à son utilisation pour des « roches argileuses laminées » ; cet auteur admettant d'autre part qu'il peut désigner la classe de roches à grain très fin, définition consacrée par l'usage. La fissilité de ces niveaux, parfois très fine et régulière, lui confère le caractère typique présenté par les « Schistes carton », terme communément employé par les auteurs de langue française (ceci malgré l'ambiguïté du premier terme).

Une précision me semble nécessaire ici en ce qui concerne le débit des Marnes bleues. Certains auteurs décrivent cette formation comme « Marnes Bleues fissiles » ou « à débit feuilleté ». Ce débit particulier ne caractérise en fait que les niveaux désignés ici sous le

nom de shales, dont l'épaisseur cumulée atteint environ 8 % de l'épaisseur totale des sédiments déposés à l'Albien inférieur et moyen. Les marnes encaissantes présentent un débit massif. La roche se fracture généralement en blocs limités par des faces conchoïdales. L'aspect macroscopique présenté par chacun de ces termes lithologiques, marnes et shales, est étroitement comparable à la description et à l'illustration données par Byers (1974, fig. 1) pour les roches du Dévonien du Sonya Group (New York) et du Crétacé supérieur de Pierre Shale (Wyoming).

Ajoutons que les termes sombres dans les alternances de l'encaissant présentent parfois un débit grossièrement parallèle au litage (« flaggy » des auteurs anglo-saxons).

A l'affleurement, ces marnes encaissantes sont recouvertes d'une pellicule superficielle, d'épaisseur décimétrique, formée d'écailles résultant de leur desquamation par les agents météoriques.

Pour terminer ce chapitre, j'exposerai brièvement quelques hypothèses formulées depuis le début de ce siècle, quant à la profondeur de dépôt des marnes à Ammonites pyriteuses de l'Éocrétacé vocontien et plus précisément des Marnes bleues.

Paquier (1900) distingue deux faciès dans l'Albien vocontien : un faciès gréseux à phosphates considéré comme néritique, représenté sur les bordures, avec une grande variété de formes « puisqu'à côté des Céphalopodes, on trouve (...) un grand nombre de Gastéropodes, de Lamellibranches, de Brachiopodes et d'Échinides », et un faciès vaseux à Céphalopodes où « ces organismes sont les seuls fossiles qui se montrent dans les sédiments en question ». Ce faciès est représenté quant à lui dans la partie axiale de ce qu'il nomme alors la « fosse vocontienne ».

Rutten (1953) considère les marnes à Ammonites pyriteuses de l'Éocrétacé de ce domaine comme « les dépôts d'une mer très peu profonde de type épicontinental ». H. et G. Termier (1954) soutiennent que « les faunes de Céphalopodes pyriteux ont dû vivre dans un couvert écologiquement analogue aux herbiers actuels », « lieux abrités, en mer très peu profonde ».

La même année, Goguel évoque, pour les marnes gargasiennes, la distinction — opérée dès 1888 par Kilian — de deux faciès à Ammonites : l'un occidental, l'autre oriental. Le premier renferme en abondance des *Oppelia* ainsi que des Huîtres et Plicatules ; il correspond à la partie marginale du bassin. Le second, riche en *Phylloceras*, livre aussi, comme le rappelle Goguel, un petit nombre de Lamellibranches dont *Lucina* et *Aucellina* (*cf.* Gillet, 1920) caractéristiques d'eaux froides, relativement profondes. Ayant observé une transition progressive entre les deux faciès, il retient que « le faciès des marnes à Ammonites pyriteuses s'étend, dans l'Aptien supérieur, à toute une série de milieux biologiques, et sans doute bathymétriques, différents » depuis les vases sublittorales à herbiers jusqu'à des profondeurs plus notables, mais sans être une fosse profonde au sens océanographique.

Plus récemment, Guérin et Moullade (1979) interprètent le type de faciès présenté par les Marnes bleues « comme caractéristique d'un milieu plutôt profond » avec « une paléotopographie marine caractérisée par d'assez fortes pentes ».

Les données des assemblages de Foraminifères benthiques (en faible proportion par rapport aux planctoniques) indiqueraient pour les zones centrales un milieu méso-à infrabathyal de l'ordre de 1 000 à 2 500 m de profondeur.

II. DESCRIPTION LITHOLOGIQUE D'ENSEMBLE

Des coupes détaillées, levées en diverses localités du domaine vocontien *s. lato*, m'ont permis de mettre en évidence la remarquable continuité de couches repères, partout où les faciès pélagiques sont exprimés et non oblitérés par des apports détritiques massifs, ou perturbés par des accidents tectoniques. Cette continuité autorise l'établissement de corrélations à grande distance et il m'a semblé opportun de présenter ici une coupe synthétique virtuelle (fig. 2) afin de décrire les caractères généraux de la sédimentation dans le bassin.

La coupe débute au niveau du dernier banc du « faisceau clansayésien ». Il y a lieu de rappeler ici la légère divergence (*cf.* Cotillon, 1971 : 62) entre les données fournies par les Ammonites et les Foraminifères dans le domaine vocontien d'une part, et au nord de l'Arc de Castellane d'autre part. En domaine vocontien *s. stricto*, M. Moullade (1966 : 232, 233) base la coupure Clansayésien-Albien, dans la partie moyenne du faisceau, sur l'apparition de *Pleurostomella subnodosa*, conjointement à l'apparition de l'Ammonite *Hypacanthoplites trivialis* ; le Foraminifère planctonique *Ticinella bejaouensis* caractérisant quant à lui tout le faisceau. Au nord de Castellane, en revanche, les Ammonites révèlent un âge exclusivement clansayésien pour la totalité de l'assise, toujours caractérisée cependant par la présence de *Ticinella bejaouensis*. L'étude biostratigraphique des nannofossiles effectuée par Thierstein (1973) n'a pas permis de résoudre ce problème.

La section considérée ici concerne l'ensemble des dépôts correspondant aux quatre zones d'Ammonites suivantes : zone à *Leymeriella tardefurcata*, zone à *Douvilleiceras mammillatum* (Albien inférieur) ; zone à *Hoplites dentatus*, zone à *Hoplites nitidus* (Albien moyen). L'épaisseur moyenne est d'environ 165 m. Le taux moyen de sédimentation (compte non tenu de la compaction) est de l'ordre de 4,2 cm/1 000 ans. Trois unités lithologiques y ont été distinguées. Elles sont basées sur la présence ou l'absence de bancs calcaires et de niveaux de shales, et sur l'existence d'alternances dans les marnes encaissantes.

Unité A

Les marnes présentent une alternance discrète qui se matérialise par un léger changement dans la coloration entre un terme relativement clair où les bioturbations gris foncé sont particulièrement bien visibles, le débit étant massif, et un terme gris foncé où les bioturbations sont plus discrètes, le débit étant parfois grossièrement parallèle au litage. Quelques bancs de calcaire, dégagés par les agents météoriques, se rencontrent en récurrence jusqu'à 45 m environ, au-dessus du faisceau clansayésien. D'abord assez rapprochés dans les premiers mètres, ils s'espacent ensuite, laissant régulièrement une dizaine de mètres entre eux. Ce sont des calcaires argileux assez fins, gris beige, parfois verdâtres, à bioturbations gris foncé (*Planolites, Chondrites*) ; le banc situé à environ 20 m est riche en Aucellines (*Aucellina* cf. *grypheoides*) ainsi que les marnes sus-jacentes.

A environ 2,50 m du faisceau clansayésien, se trouve un niveau de shale gris foncé à noir, que j'appellerai ici « niveau Jacob », en hommage à ce géologue. Son épaisseur varie

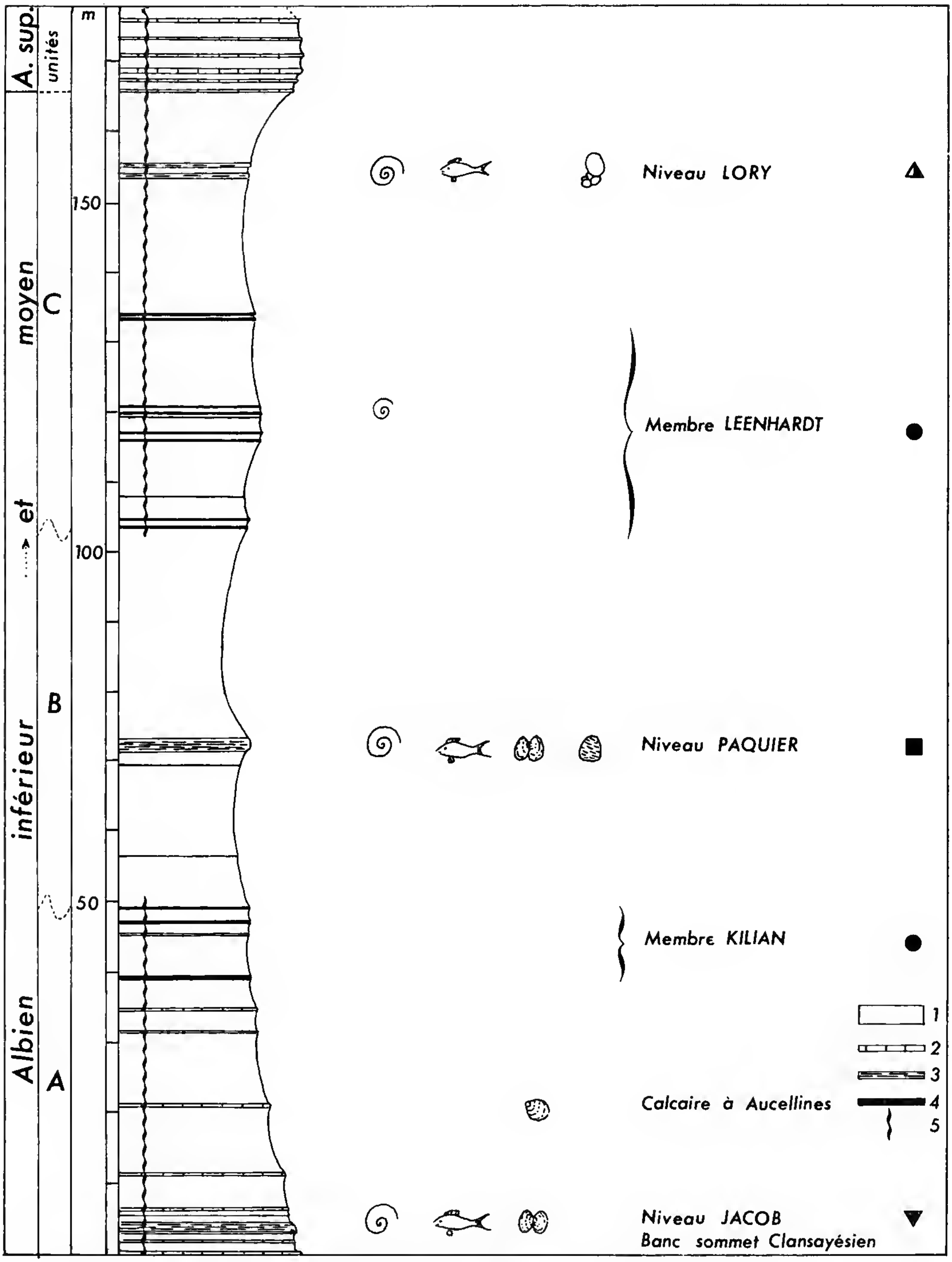


FIG. 2. — Coupe synthétique virtuelle. 1, marnes encaissantes ; 2, calcaires ; 3, niveaux de shales fossilifères ; 4, niveaux de shales azoïques ; 5, alternances manifestes.

de quelques décimètres à quelques mètres ; il peut être simple ou scindé en deux ou plusieurs entités.

Le niveau Jacob, plutôt pauvre en carbonates, ne forme pas saillie par rapport aux marnes encaissantes. Cependant, malgré sa discrétion, il m'a été donné de le retrouver en quatorze sites (fig. 1). Son extension couvre le Diois et les Baronnies. La roche, très fissile, comporte de nombreuses Ammonites écrasées et des débris de poissons (salmoniformes). A la loupe, on peut distinguer des lentilles blanches inframillimétriques, allongées suivant le litage. Des nodules de barytine y sont localement associés.

Entre 40 et 50 m, trois niveaux de shale gris foncé sont bien marqués ; ils sont groupés ici dans le « membre Kilian ». Le premier niveau (métrique) est isolé, les deux autres, un peu moins épais, forment un binôme, ils sont situés plusieurs mètres au-dessus. Quelques lentilles blanchâtres inframillimétriques et des lamines de pyrite soulignent le litage de cette roche très fissile. Aucune macrofaune n'y a été observée. Néanmoins, au col de Pré-Guittard, quelques empreintes de Lamellibranches et de Céphalopodes, recouvertes de limonite, ont été découvertes à 50 cm au-dessus du toit de la troisième passée.

Unité B

Au-dessus, et sur une cinquantaine de mètres, les alternances s'estompent, les marnes encaissantes deviennent uniformément gris foncé. Les traces de bioturbations se font tout à fait discrètes. Aucune macrofaune n'y a été décelée.

Précédé à deux mètres d'une fine passée de shale gris foncé, azoïque, s'individualise, vers 70 m, un niveau de shale gris clair à gris foncé, épais de 1,80 m en moyenne, appelé ici « niveau Paquier ». La remarquable fissilité de la roche (le débit très régulier est parfois inframillimétrique), son induration un peu plus élevée que celle des marnes encaissantes, confèrent un caractère typique à cette assise repère. D'autre part, elle se révèle très riche en Céphalopodes écrasés (souvent déformés). Les débris de poissons (notamment écailles) n'y sont pas rares, des squelettes entiers en connexion ayant même été trouvés. On y rencontre aussi quelques Lamellibranches, les deux valves encore unies, et des empreintes d'algues.

J'ai observé l'existence de ce niveau en quatorze localités (fig. 1). Dans le Diois méridional et les Baronnies il est présent dans tous les sites lorsque le faciès gréseux ne l'a pas oblitéré. Son extension est particulièrement remarquable car j'ai pu le retrouver au-delà du domaine vocontien *s. stricto*, jusqu'au nord de l'Arc de Castellane, la distance entre les points les plus éloignés étant de l'ordre de 120 km. Signalons que Paquier, en 1900, pressentait la continuité de ce niveau, ayant noté son existence dans la vallée de Rosans et dans le Beauchaîne (est du Diois). On remarquera la constance de son épaisseur, excepté dans les régions de Séderon, Sisteron et Digne où elle est deux à trois fois plus importante.

Les corrélations établies entre les différentes coupes étudiées de façon détaillée (fig. 3) sont excellentes. Le niveau Paquier a ainsi pu être subdivisé en six unités, et ceci à partir de la coupe type effectuée au col de Palluel.

A un bref épisode fissile de quelques centimètres (unité PA I), succède un épisode plus homogène de 20 à 35 cm (PA II). Ensuite, les sédiments redeviennent très fissiles et ceci jusqu'au sommet du niveau ; d'abord enrichis en calcaire et formant saillie sur une vingtaine de centimètres (PA III), les sédiments s'appauvrissent sur une trentaine de cen-

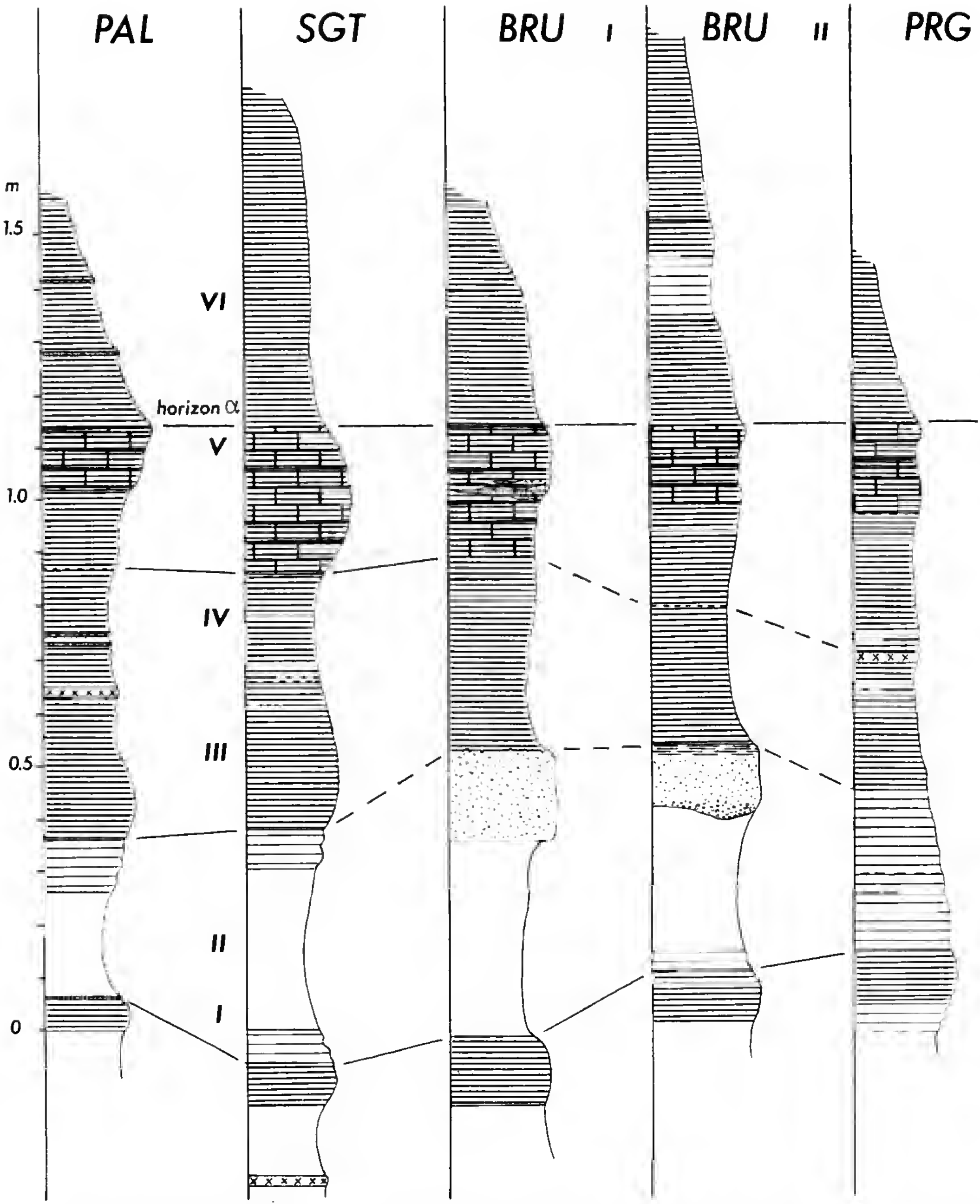
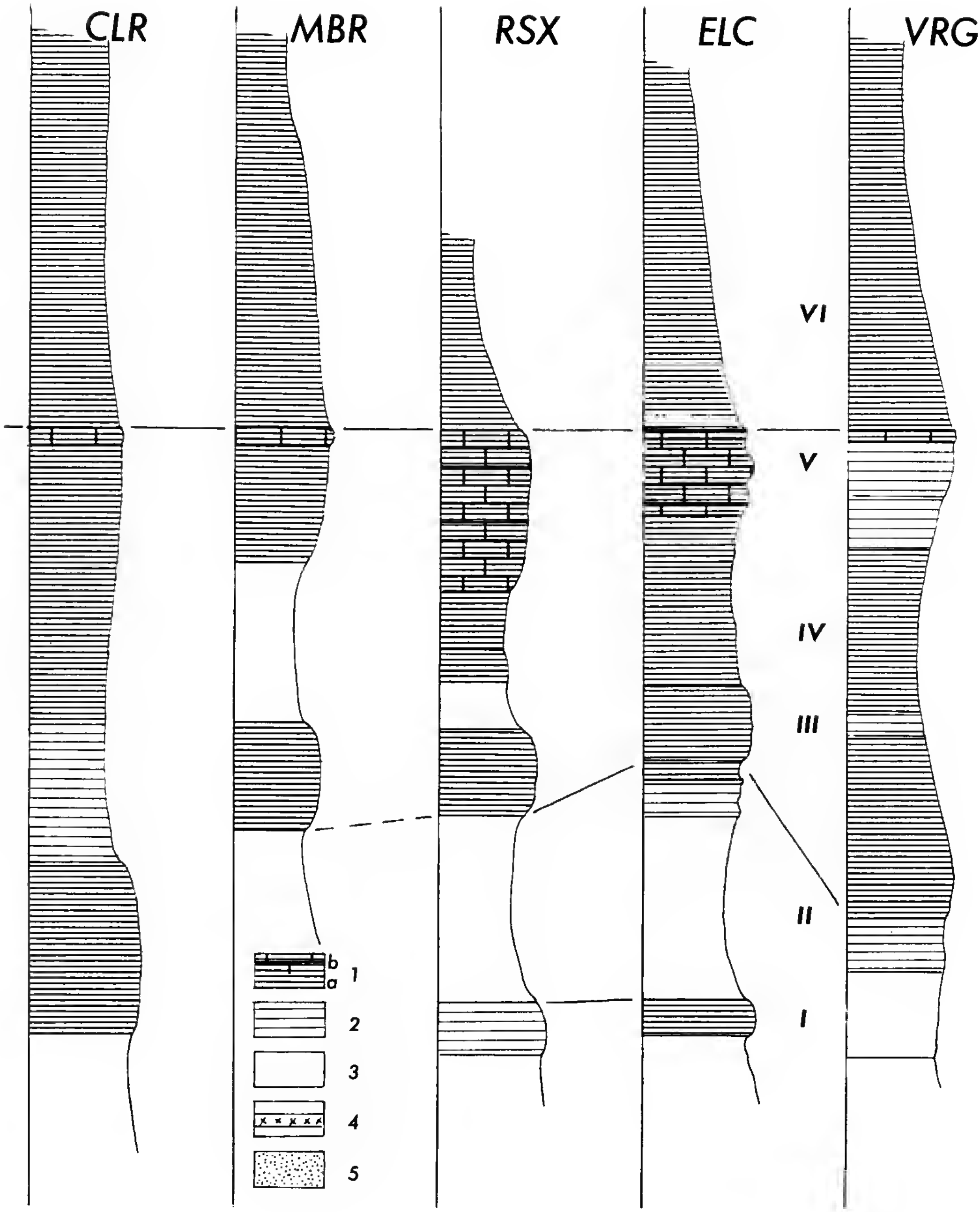
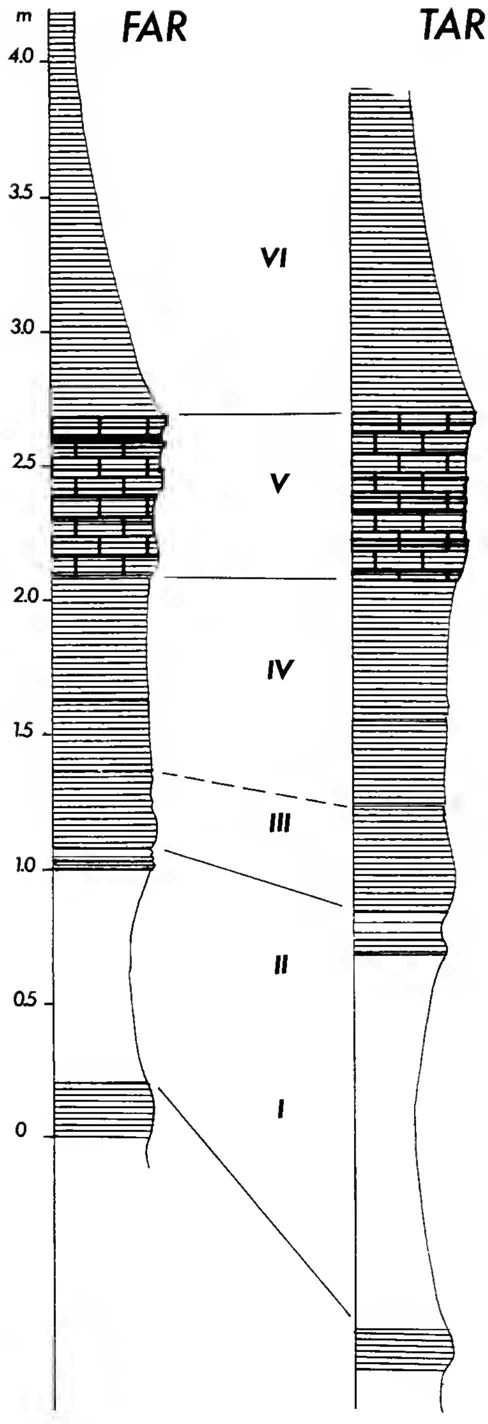


Fig. 3. — Corrélations entre les différentes coupes étudiées dans le niveau Paquier. 1a, passées de shale caractérisées par une grande fissilité ; 1b, passées de shales enrichies en calcaire ; 2, passées au débit en écailles irrégulières ; 3, marnes intercalées, au débit massif ; 4, filonnets calcitiques ; 5, passées détritiques grossières.


CLR
MBR
RSX
ELC
VRG
VI
V
IV
III
II
I
b
a
1
2
3
4
5


m
4.0
3.5
3.0
2.5
2.0
1.5
1.0
0.5
0
FAR
TAR
VI
V
IV
III
II
I

timètres (PA IV). Ensuite, sur 25 à 30 cm, la teneur en calcaire augmente à nouveau de façon très notable (PA V). A la partie supérieure de cet épisode, une passée de 1,5 à 3 cm, assez indurée, forme une saillie bien repérable (horizon α). Cet horizon α a pu être mis en évidence dans la plupart des sites. Il se délite facilement en plaquettes assez fines dont la surface est constellée de pustules blanches millimétriques. Le niveau Paquier se termine par une soixantaine de centimètres de shales, de nouveau appauvris en carbonates (PA VI).

Des lentilles calcitiques s'observent dans toutes les passées fissiles et lorsque celles-ci font saillie, leur abondance s'accroît en même temps que la teneur en carbonate de calcium. Elles soulignent l'aspect lité sans qu'il y ait alternance de lits clairs et sombres (observation analogue à celle de Goy, 1979, pour les Schistes cartons du Toarcien du Bassin parisien). Néanmoins, dans l'unité PA V et particulièrement dans l'horizon α, elles s'organisent en lamines.

Quelques veinules calcitiques, à cassure spathique, sont disposées en concordance avec le litage dans certains sites. Parfois se rencontrent aussi des lits siltogréseux millimétriques (Palluel), alors qu'au sommet de l'unité II, à Bruis, on trouve une intercalation gréseuse riche en figures de sédimentation, d'épaisseur décimétrique (parfois métrique), remplissant des chenaux : l'unité PA II est ainsi parfois ravinée. L'examen de lames minces effectuées dans l'horizon α montre une certaine proportion de lentilles quartzeuses détritiques, analogues à ce qu'a observé Goy (1979) dans les Schistes cartons du Bassin parisien.

J'ai observé aussi la présence occasionnelle d'exudats de matière organique gélifiée de couleur brun rougeâtre ou noire, en lits millimétriques à plurimillimétriques, parallèles au litage. Quelquefois, des corps lenticulaires de largeur décimétrique, d'épaisseur dépassant le centimètre, atteignent une longueur d'un mètre. Ils peuvent être parallèles ou non au litage. A Sigottier, j'ai remarqué un filon décamétrique d'exudats, sécant par rapport au litage, dans le contexte marneux de l'unité lithologique B.

Au sud de Sisteron où la puissance du niveau Paquier atteint 6,50 m, on rencontre, au tiers supérieur, un banc noduleux d'un décimètre d'épaisseur, formé de calcaire micritique gris foncé, dont la teneur en carbonate atteint 90 %. Les nodules, de diamètre pluridécimétrique, présentent une fine lamination de pyrite, et les fractures qui les affectent, tapissées de fins cristaux de calcite, sont injectées de matériel bitumineux. Ces sortes de miches comportent en leur sein quelques Ammonites engluées par cette substance. Dans le shale, des filonnets calcitiques à cassure spathique, parallèles au litage, en sont également imprégnés, de même que d'autres filonnets, obliques par rapport au litage, situés plusieurs mètres au-dessus. A Tartonne, j'ai trouvé une concrétion parfaitement annulaire de 40 cm de diamètre, formée de calcaire micritique gris foncé. Une fine lamination de pyrite s'observe là encore et les cassures sont injectées de matériel bitumineux.

Le gypse (secondaire) sous forme de cristaux millimétriques est très fréquent dans tous les sites, tapissant fissures et joints du litage.

Le niveau Paquier, comme il est dit plus haut, est riche en Ammonites écrasées (ainsi que le niveau Jacob) et il est intéressant de noter que dans la plupart des sites, les fossiles sont déformés, allongés selon une direction donnée, et ceci de façon très régulière sur toute l'épaisseur du niveau. Cet allongement ne semble pas résulter d'une déformation d'origine tectonique puisque, en certains endroits, où les terrains sont effectivement très déformés, les empreintes peuvent ne pas être étirées. Ceci laisserait penser à un glissement intra-

sédimentaire couche sur couche, et de faible amplitude (voir aussi p. 133). Les tests des Ammonites ont vraisemblablement été dissous assez rapidement sous une très faible épaisseur de sédiments (*cf.* Seilacher *et al.*, 1976 : 328, 329), alors que celui-ci était encore très plastique, antérieurement au glissement rendu plus aisé par la préservation de la structure laminée originelle. Signalons aussi que des stries de friction, dont la direction est celle de l'allongement des Ammonites, ont parfois été observées.

Unité C

Trente mètres plus haut, la cyclicité s'instaure à nouveau. Mais elle se traduit seulement par un changement subtil dans l'induration de la roche, en corrélation avec une teneur plus élevée en calcaire. Quatre assises de shale gris foncé, organisées en doublets ou en triplets, d'environ 0,8 à 1,5 m d'épaisseur, sont réparties sur une trentaine de mètres. L'ensemble de ces assises est désigné sous le nom de « membre Leenhardt ». De la même façon que pour les autres niveaux de shale déjà décrits, des lentilles blanches et des lamines de pyrite soulignent le litage. Comme pour les shales Kilian de l'unité A, la plupart des niveaux sont azoïques. Néanmoins, quelques empreintes de Céphalopodes et d'Inocerames en caractérisent quelques-uns.

La succession des shales Leenhardt s'interrompt, et à une vingtaine de mètres au-dessus, on distingue une passée de shale gris foncé, d'épaisseur variable (quelques décimètres à plusieurs mètres selon les sites), appelée ici « niveau Lory ». La roche, au grain plus grossier que dans les autres shales, a généralement un débit moins net. Les plaquettes, souvent moins régulières, forment plutôt des écailles (« flakes »). A la loupe, les lentilles calcitiques peuvent se montrer fréquentes mais deviennent, à la partie supérieure de la passée, complètement oblitérées par la grande abondance des Foraminifères planctoniques. La profusion de ces organismes donnant le grain plus grossier observé induit un enrichissement en calcaire (50 %). La macrofaune est constituée d'abondantes Ammonites écrasées, parfois déformées comme dans les niveaux Jacob et Paquier, et en certains sites de quelques débris de poissons. Des nodules barytiques septarisés y sont aussi associés localement. A la Farette, j'ai découvert un morceau de bois flotté de 30 cm de longueur, encroûté de barytine.

A dix mètres au-dessus de ce niveau, se situe la base d'un faisceau de bancs calcaires correspondant à l'assise repère du milieu de l'unité R 1 décrite par Moullade (1966 : 240, fig. 18) et datée du début de l'Albien supérieur.

Remarques. — Soulignons, pour en terminer avec ces descriptions, la rareté du matériel paléontologique dans l'encaissant marneux, et notamment l'absence des marqueurs stratigraphiques que sont les Ammonites. En revanche, sont signalés ici pour la première fois, plusieurs niveaux de shales riches en macrofossiles, où l'on remarque tout particulièrement une belle faune de poissons. Par ailleurs, l'établissement des corrélations entre les unités lithologiques et la constitution d'une coupe synthétique laisse apparaître que la plus grande partie de l'Albien inférieur (environ 80 m d'épaisseur sur la coupe synthétique, c'est-à-dire la plus grande partie de l'unité A et l'unité B) a échappé aux investigations stratigraphiques effectuées par Moullade (1966) pour les Foraminifères, et par Thierstein (1973) pour les nannofossiles calcaires. Actuellement, j'entreprends une étude

de paléontologie stratigraphique sur les nannofossiles afin de compléter nos connaissances sur leur distribution dans l'Éoalbien vocontien.

Extension du faciès de black shale à Céphalopodes dans les domaines savoyard et helvétique

A l'Éoalbien (notamment dans la zone à *Leymeriella tardefurcata*), l'extension du faciès de shale noir à Céphalopodes semble ne pas être localisée strictement au domaine vocontien. Cette idée peut être suggérée sur la base des nombreuses observations de Jacob (1907), par exemple dans la région du Parmelan, du massif de Leschaux (Genevoix), le synclinal du Reposoir près d'Annecy, le synclinal de Bostan (nord du Giffre). Charollais, Moullade *et al.* (1971) nous indiquent la présence de « schistes noirs à *Leymeriella* » dans le massif des Bornes, et Breistroffer (1937) rapporte une observation de Kilian (1901) de « schistes à *Leymeriella* » en Bavière. Bien qu'il soit fait état de la présence de black shale, plus à l'est, dans l'Albien de l'Helvétique et de l'Ultrahelvétique, il semble que les flyschs aient un peu partout masqué les sédiments autochtones. Il convient de remarquer qu'à cette époque, des black shales azoïques se déposaient dans la région briançonnaise (Debelmas et Lemoine, 1965 ; Bourbon, 1978) et dans le domaine océanique liguro-piémontais (Decandia et Elter, 1972).

III. COMPOSITION ET NANNOFACIÈS DES DIFFÉRENTS TYPES LITHOLOGIQUES

Les mesures et les observations effectuées au laboratoire ont porté pour l'essentiel sur des échantillons prélevés au col de Pré-Guittard et au col de Palluel.

Les calcimétries ont été réalisées sur un calcimètre Bernard. L'étude des argiles a été effectuée en diffractométrie aux rayons X sur particules orientées inférieures à 10 microns, en enregistrement naturel, après chauffage à 550° C, et gonflement à l'éthylène glycol. Les mesures des teneurs en carbone organique ont été pratiquées sur l'appareil « Carmograph » et les essais de pyrolyse de la matière organique sur l'appareil « Rock eval », au Laboratoire de Géologie appliquée, dirigé par le Pr. J. Trichet (Université d'Orléans).

Les observations de nannofaciès ont été effectuées sur échantillon brut, en sections parallèles et perpendiculaires au litage. L'appareil employé est le JEOL SM 35 (utilisé sous une tension de 25 KV) du Laboratoire d'Histologie dirigé par le Pr. Maillet (Faculté de Médecine de Tours).

Les marnes encaissantes

1. Composition

Les mesures calcimétriques indiquent que la teneur moyenne en carbonates des marnes encaissantes oscille généralement de 30 à 40 %, sauf pour les sédiments de l'unité B où elle s'abaisse à des valeurs comprises entre 16 et 26 %.

Ces marnes offrent une concentration en carbone organique comprise entre 0,5 et 1 %.

En ce qui concerne les argiles, l'illite est dominante, la kaolinite est abondante ; smectite et interstratifiés sont en faible quantité. La smectite semble plus abondante dans le Clansayésien et dans l'Albien supérieur, en contexte alternant. De la chlorite s'y ajoute.

2. Nannofaciès (pl. I, 1-11)

Dans les termes clairs, où les bioturbations sont manifestes macroscopiquement, le litage est peu visible au MEB (en section perpendiculaire au litage), la matrice argilo-carbonatée est contournée ; on devine une orientation statistique des particules argileuses qui disparaît dans les zones de bioturbation. L'aspect est désordonné, faiblement anisotrope. Les Foraminifères présents sont souvent plus ou moins recristallisés. Les coccolithes sont fréquents et leur préservation est moyenne.

Dans les termes sombres, le litage est généralement plus évident, bien que les feuillets argileux soient parfois gaufrés. L'aspect est moyennement ordonné, anisotrope. En proportion variable, mais toujours présents, Foraminifères et coccolithes semblent moins affectés par des recristallisations. Des framboïdes de pyrite sont fréquents et des rhomboèdres de sidérite, très corrodés, sont disséminés.

En section parallèle au litage, la structure apparaît moyennement ordonnée, les feuillets argileux aux bords irréguliers sont généralement distincts. Lorsqu'ils sont coalescents, on peut remarquer des lassis d'arrachement, provoqués lors de la préparation de l'échantillon (pl. I, 11).

Parmi les nannofossiles, les *Watznaueria* paraissent dans la plupart des cas dominer la population, suivies par les *Biscutum*. Les *Nannoconus* sont presque totalement absents. Dans certains échantillons, les coccolithes peuvent être disposés en concordance avec le litage.

Les bancs calcaires

1. Composition

Seules quelques mesures de la teneur en carbonate ont été effectuées pour les rares bancs calcaires de l'unité A. Cette teneur oscille entre 60 et 75 %.

2. Nannofaciès (pl. I, 12-15)

L'aspect au MEB paraît désordonné, isotrope. Le litage n'est pas visible, aucune orientation préférentielle des feuillets argileux, dispersés dans les particules carbonatées, n'est perceptible. Les Foraminifères, assez recristallisés, sont inclus dans la matrice carbonatée constituée de coccolithes et d'une proportion élevée de *Nannoconus* recristallisés, ainsi que de calcite spathique (pl. I, 12).

Le niveau Jacob

1. Composition

La teneur en calcaire du niveau Jacob est d'environ 25 %, c'est-à-dire inférieure à celle des marnes encaissantes. Une mesure de la concentration en carbone organique a donné 1,9 %. Un essai de pyrolyse de la matière organique (fig. 4) suggère une origine plutôt continentale, du type des végétaux supérieurs (type II-III). L'analyse des argiles (sur un seul échantillon) nous montre que l'illite est dominante, les interstratifiés abondants, mais que kaolinite et smectite sont en faible proportion.

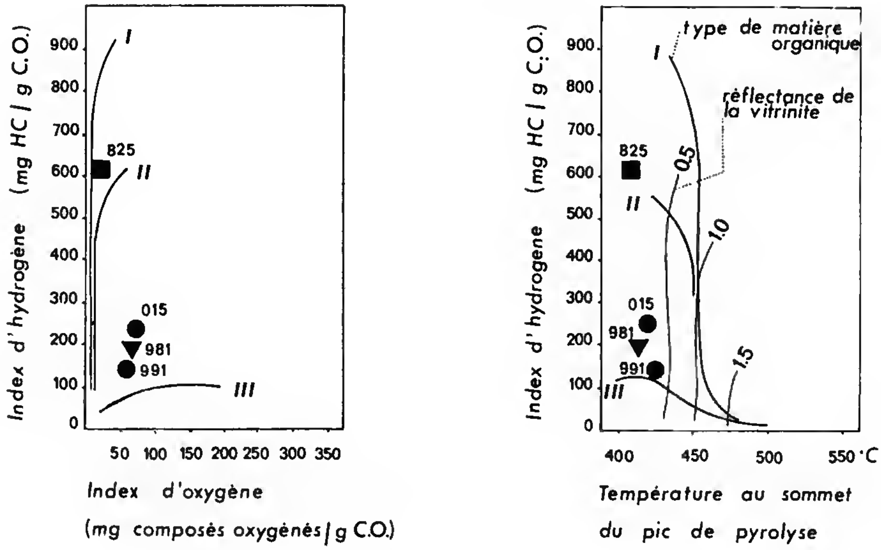


FIG. 4. — Caractérisation de la matière organique de quelques niveaux de shales par pyrolyse au « Rock Eval » (981 : niveau Jacob ; 991 : membre Kilian, unité A ; 825 : niveau Paquier, horizon α ; 015 : membre Leenhardt, unité C). 1, types de matière organique (index d'hydrogène et d'oxygène rapportés au carbone organique) ; 2, état d'évolution de la matière organique (index d'hydrogène en fonction de la température atteinte au sommet du pic de pyrolyse).

2. Nannofaciès (pl. VII, 5)

En section perpendiculaire au litage, l'aspect est moyennement ordonné, anisotrope. Le litage est relativement bien visible, les particules argileuses étant orientées. Dans la matrice, les Foraminifères sont peu abondants, les coccolithes sont fréquents. Les quelques lentilles calcitiques, de dimensions modestes, qui soulignent le litage sont composées de coccolithes variés ainsi que d'une certaine proportion de *Nannoconus*, souvent un peu disloqués. L'architecture est assez lâche. En section parallèle au litage, la structure est moyennement ordonnée, les feuillets argileux irréguliers paraissent assez coalescents.

LES SHALES DES MEMBRES KILIAN ET LEENHARDT

1. Composition

Ces niveaux fissiles présentent un appauvrissement relatif en calcaire par rapport aux marnes encaissantes. Cet appauvrissement se marque par exemple très bien dans le premier doublet du membre Leenhardt où l'on enregistre des concentrations respectives de 17 et 13 %. Signalons ici que la petite passée azoïque sous-jacente au niveau Paquier (unité B) présente une teneur de 8 %.

L'enrichissement de ces shales en carbone organique est remarquable, les concentrations enregistrées se situant entre 2 et 2,6 %. La caractérisation de la matière organique en pyrolyse suggère une origine principalement continentale du type des végétaux supérieurs (type II-III).

En ce qui concerne les argiles, la kaolinite est dominante, illite et interstratifiés sont en moindre proportion. On y trouve aussi une petite quantité de smectite.

2. Nannofaciès (pl. II, 1-13)

Le litage de ces shales est toujours bien visible, les feuillets argileux sont régulièrement disposés, donnant un aspect ordonné. Dans la matrice, les Foraminifères sont assez rares, les coccolithes sont peu abondants, et quelques calcisphères complètent parfois le biofaciès (pl. II, 10). Les rhomboèdres de sidérite, assez fréquents dans les shales du membre Kilian, deviennent plus rares dans ceux du membre Leenhardt. Les lamines de pyrite, ainsi que les petits nodules, sont formés d'un empilement d'octaèdres de deux tailles différentes (pl. VII, 6, 8, 9), cristaux de quelques microns et cristaux de quelques dixièmes de microns. L'agencement en sphères mûriformes est parfois visible (pl. VII, 8, 9). Quelques framboïdes sont disséminés dans la matrice et remplissent parfois des loges de Foraminifères. L'aspect grumeleux de nombre de cristaux qui les constituent doit être souligné (pl. VII, 10, 11).

Les lentilles calcitiques quelquefois très étirées contiennent des coccolithes souvent très écrasés, parfois noyés dans une masse de tout petits cristallites de taille voisine d'un dixième de micron, très inférieure à celle des classiques « micarbs » des craies (pl. II, 11). Les *Nannoconus* sont absents.

En section parallèle au litage, l'aspect est généralement bien régulier. Les argiles peuvent être coalescentes ou séparées. De la même manière que dans les marnes encaissantes, les coccolithes apparaissent souvent (*Watznaueria*) disposés en concordance avec le litage (pl. II, 4, 7).

Toujours selon la même orientation, j'ai pu observer, sur un échantillon du premier doublet du membre Leenhardt, une orientation préférentielle des particules (pl. II, 4), laquelle pourrait correspondre à un glissement du sédiment selon le plan du litage ; ce que suggère aussi l'agencement de groupes de coccolithes dans certaines lentilles, en « piles d'assiettes effondrées » (pl. II, 2).

Bien que peu fréquentes, on rencontre parfois des coccosphères dans les lentilles et dans la matrice argileuse, certaines ont d'ailleurs subi une profonde recristallisation (pl. II, 12).

Le niveau Paquier

1. Composition

Alors que les passées de shales étudiées dans les paragraphes précédents montrent un appauvrissement en calcaire, le niveau Paquier au contraire (fig. 5) offre un enrichissement, et des concentrations aussi élevées que 50 % sont enregistrées (horizon α). Cet enrichissement varie en corrélation directe avec la densité des lentilles calcitiques, le maximum s'observant à l'horizon α, où les lentilles s'organisent en lamines. Rappelons que le banc de calcaire noduleux déjà signalé offre une concentration de 90 % en carbonate de calcium.

La teneur en carbone organique dépasse 2 % (les horizons non fissiles exceptés), la moyenne étant de 2,4 %, un maximum de 4,8 % ayant été enregistré pour l'horizon α. Gardons à l'esprit le fait que ces échantillons proviennent d'affleurements, les prélèvements ayant été effectués à une profondeur maximum de 70 cm, une certaine partie de la matière organique a été vraisemblablement oxydée. Teneur en calcaire et teneur en carbone organique semblent reliées de façon complexe ; néanmoins, une faible corrélation positive entre ces deux paramètres s'observe (fig. 5). L'analyse de la matière organique en pyrolyse sur un échantillon de l'horizon α (fig. 4) indiquerait une origine plutôt marine (type II).

L'examen de lames minces dans les shales du niveau Paquier montre des particules noires de matériel ligneux, et des globules jaune ambré correspondant vraisemblablement à des algues. La matière organique imprègne aussi la matrice argileuse en bandes diffuses, parallèles au litage, ainsi que certaines lentilles calcitiques alors colorées en jaune. Les loges des Foraminifères en sont souvent imprégnées (voir pl. VI, 12).

L'analyse des argiles montre la dominance de la kaolinite. L'illite est un peu moins abondante. Excepté pour les unités PA I et PA II, le rapport K/I est positif (fig. 5). Ce rapport semble être en faible corrélation positive avec la teneur en carbone organique. Quoiqu'il en soit, la figure 6 nous montre que si l'illite domine dans les passées marneuses intercalées où la proportion de carbone organique est voisine de 1,5 %, la kaolinite domine dans les shales dont la moyenne est de 2,4 % de carbone organique. Smectite et interstratifiés sont en faible quantité.

2. Nannofaciès (pl. III-VI)

1 — *Matrice*

Divers échantillons ont été étudiés, répartis sur l'épaisseur du niveau à Palluel, et en plusieurs localités pour l'horizon α.

La structure apparaît relativement régulière, le litage est toujours très bien visible, les feuillets argileux étant bien orientés, bien que moulant les diverses particules présentes : Foraminifères, nannofossiles, grains de quartz, framboïdes de pyrite et les nombreuses lentilles calcitiques (pl. III, 1, 2, 4). Les argiles présentent un aspect semblable à celui des autres niveaux de shale.

Les Foraminifères sont fréquents : la nannoflore est abondante dans la matrice, incluant coccolithes et *Nannoconus*, à l'aspect parfois « englué ». Les calcisphères sont rares et écrasées (pl. III, 5).

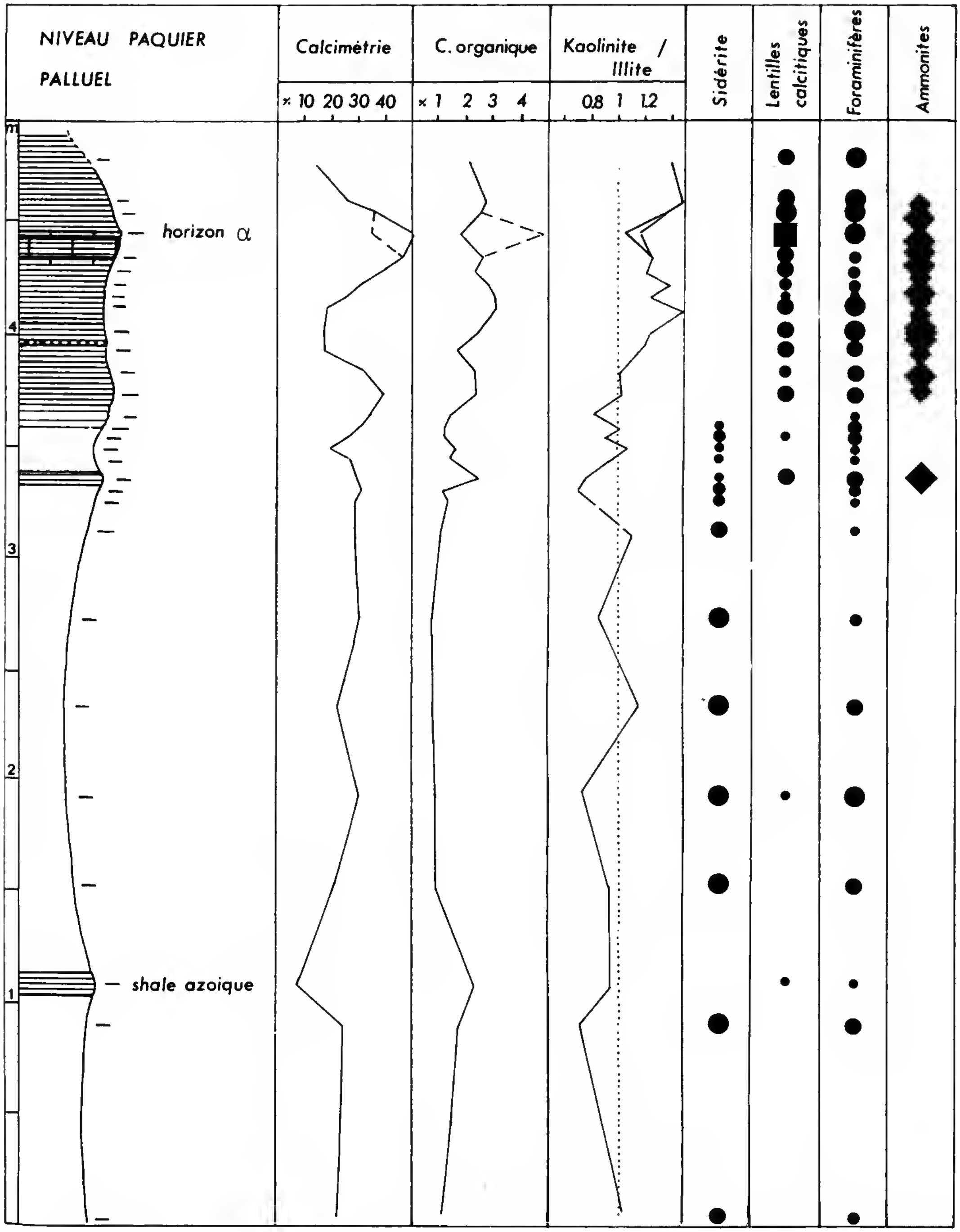


Fig. 5. — Niveau Paquier au col de Palluel et contexte marneux sous-jacent. Variations de quelques paramètres.

2 — *Les lentilles*

Les lentilles blanches sont peu abondantes dans les unités PA I et PA IV. Leur fréquence s'accroît dans l'unité PA V, atteignant un maximum à l'horizon α où, comme on l'a vu, elles s'organisent en lamines. La plupart de ces lentilles sont très étirées, atteignant parfois le millimètre. Mais elles ne dépassent pas 30 µm d'épaisseur et sont souvent inférieures à 10 µm (pl. III, 4). Elles sont quelquefois bordées de framboïdes de pyrite (pl. VII, 10, 11). Divers types de lentilles se rencontrent dans toutes les passées de shales.

a — Lentilles à coccolithes (pl. III, 4-14)

Aucune lentille ne présente de monospécificité. Au contraire, la nannoflore y paraît assez variée. Les *Watznaueria*, ainsi que les *Biscutum*, ne sont plus ici qu'en faible proportion. Les formes rayonnées semblent fréquentes, comme *S. laffittei*, *C. fragilis* et *C.* cf. *achylosum* (pl. III, 7, 10, 11).

Bien que dans quelques lentilles les coccolithes soient relativement bien conservés, la plupart du temps ils sont brisés. Quelques spécimens entiers, ou des fragments reconnaissables se distinguent dans une masse de débris (pl. III, 5, 7). Parfois les coccolithes reconnaissables sont littéralement noyés dans une masse de « micarbs » très ténus de l'ordre de 0,1 µm (« nannocarbs ») (pl. III, 8). Cette profusion de petits débris peut faire penser au démantèlement d'holococcolithes, ou bien encore de calcisphères, aux éléments très petits. Un cas analogue a été observé par Goy (1979, pl. 38, fig. 2). L'auteur interprète l'abondance de ces granules calcitiques comme provenant d'une reprécipitation à partir du carbonate de calcium des coccolithes désagrégés. Sans discuter cette affirmation, nous constaterons que Müller (*in* Doebl *et al.*, 1976 : 299, pl. I, fig. 1, 5, 8) a observé que les « niveaux blancs » des schistes à poissons du Rupélien de Bremmelbach, en général monospécifiques, étaient souvent constitués d'holococcolithes. C'est aussi ce qu'a noté Panigel dans des lamines de niveaux sapropéliques du Quaternaire de Méditerranée (comm. pers., thèse en cours).

Les lentilles ont pu subir une recristallisation plus ou moins avancée. Dans un premier stade, les coccolithes reconnaissables sont un peu recristallisés (pl. III, 9, 10) ; parfois, les débris ayant subi une recristallisation ont perdu leur forme initiale (pl. III, 12). Ils tendent à acquérir la forme de rhomboèdres. Dans un stade plus avancé, seuls quelques débris de nannofossiles sont reconnaissables, la plupart des éléments étant complètement recalcifiés, la forme cristalline est alors évidente (pl. III, 13, 14). Dans un stade ultime, la lentille calcitique est massivement recristallisée.

b — Lentilles à *Nannoconus* (pl. IV, V, VI)

Les lentilles à *Nannoconus* sont les plus fréquentes et la plupart d'entre elles sont formées d'un agrégat monospécifique de *Nannoconus truitti*. L'état de préservation est variable ici aussi selon les lentilles. Dans quelques cas, les *Nannoconus* sont entiers ou peu fragmentés (voir plus bas), mais souvent ils ont subi une certaine recristallisation (pl. IV, 2, 7). Alors la lumière centrale est occupée par un cristal de calcite qui a épousé les formes en creux des éléments triangulaires (pl. IV, 2, 3). Dans un stade plus avancé, la lentille peut être massivement recristallisée (pl. IV, 6, 7). On rencontre aussi des lentilles où les *Nannoconus* sont au contraire brisés et quelque peu dissous (pl. VI, 1-4). Signalons que

les nodules calcaires trouvés dans l'une des localités sont, pour l'essentiel, formés de *Nannoconus* recristallisés.

Certaines lentilles sont affectées par un phénomène particulier. Les tests des *Nannoconus* sont complètement désagrégés, et les éléments se retrouvent isolés, mais accumulés les uns sur les autres selon des configurations rappelant un jeu de cartes abattu (pl. V, 1-8). L'ensemble forme en quelque sorte un plan de glissement parfait constitué de milliers de petites plaquettes. Les figures 10-12 (pl. V) nous montrent une vue apicale de ces lentilles ; selon la même orientation, l'aspect de la matrice est comparable à celui des marnes encaissantes (pl. V, 9). Sur les clichés des figures 13 et 14 (pl. V), nous pouvons observer des stries de friction caractéristiques dans la matrice argileuse d'un échantillon. Cette sorte de linéation de microrides, visible aussi macroscopiquement, correspond à la direction d'étirement des Ammonites. Les lentilles, pustules blanches sur les plaques de shale, sont là aussi constituées d'empilement de plaquettes de *Nannoconus*. Une telle observation est à rapprocher de la planche II, 4 (cf. p. 129). Remarquons ici que la désagrégation des tests de *Nannoconus* est un phénomène rarement signalé (voir Noël et Manivit, 1978) alors qu'il est sûrement assez fréquent.

c — Lentilles mixtes

Si, d'une façon générale, on observe une excellente ségrégation entre coccolithes et *Nannoconus* dans les lentilles, le mélange existe néanmoins dans quelques-unes (pl. VI, 5, 6).

d — Lentilles imbibées de matière organique

Beaucoup de lentilles sont « propres », mais certaines peuvent être littéralement imbibées de matière organique amorphe (de coloration brune à jaune orangé en lame mince). Les éléments calcitiques, tant des coccolithes que des *Nannoconus*, sont alors englués (pl. VI, 7-12) de façon caractéristique, et ceci qu'ils soient entiers, brisés, dissous ou recristallisés, indépendamment de leur état de préservation.

D'une manière générale, les nannofossiles, bien que parfois corrodés et dissous, sont mieux préservés dans les argiles que dans les lentilles. Lors de l'enfouissement, la compaction a déformé les argiles, servant alors de tampon absorbant l'énergie ; en revanche, dans les lentilles, les nannofossiles, en contact les uns avec les autres, ont été facilement brisés.

Comme indiqué plus haut, les lentilles sont de plus en plus nombreuses lorsqu'on parvient à l'horizon α où elles se groupent même en lamines. Les *Nannoconus* y sont dominants, ceci dans tous les échantillons étudiés. La « nannoconite » de l'horizon α représente donc un phénomène général à l'échelle du domaine vocontien.

Le niveau Lory

1. Composition

De même que pour le niveau Paquier, on note un enrichissement du niveau Lory en carbonate de calcium, jusqu'à 50 %. Une mesure de la teneur en carbone organique nous indique 1 % (Palluel). Il est néanmoins fort probable qu'en d'autres sites cette teneur est plus élevée. En ce qui concerne les argiles, l'illite est dominante, la kaolinite relativement abondante. Interstratifiés et smectite sont en faible quantité.

2. Nannofaciès (pl. VII, 1-4)

L'aspect au MEB varie selon la localisation des échantillons. Vers la base du niveau, le litage est bien visible, les argiles sont bien orientées mais souvent un peu gaufrées. Les lentilles, relativement peu abondantes, ont en général une épaisseur de plusieurs dizaines de microns et sont constituées uniquement de coccolithes variés (pl. VII, 4), parfois assez fragmentés. On ne trouve pas de coccosphères ou de plages monospécifiques. Les « micarbs » sont de taille habituelle. L'aspect de ces lentilles ressemble à celui d'une craie.

Vers le sommet de ce niveau, les lentilles à coccolithes tendent à disparaître, la masse du sédiment résultant de l'accumulation de très nombreux Foraminifères planctoniques (pl. VII, 1-2). L'aspect paraît ainsi relativement désordonné, parfois peu anisotrope. Le litage venant à s'estomper, les feuillets argileux moulent les coccolithes et les Foraminifères (pl. VII, 3).

Remarquons, avant de terminer ce chapitre, que dans les échantillons où la fissilité est manifeste, celle-ci se traduit, à l'échelle de la nannofabrique, par une remarquable orientation des particules argileuses selon le litage. Byers (1974) explique la liaison fissilité-orientation particulaire par l'absence de bioturbations. Une telle corrélation s'observe ici aussi puisque les niveaux fissiles comportent des lentilles et lamines à nannofossiles qu'une faible bioturbation eût suffi à désintégrer. Néanmoins, sans minimiser le rôle perturbateur des organismes fouisseurs, on peut remarquer que les argiles en milieu marin se sédimentent sous forme d'agrégats floculés (Migniot, 1968) et par conséquent c'est probablement grâce à des phénomènes de nature physique comme la compaction, évoquée par O'Brien (1970) et Bennett *et al.* (1981), qu'on doit une fabrique subparallèle obtenue par le réarrangement des particules argileuses. Ce réarrangement serait d'autant mieux exprimé que la compaction semble avoir été élevée dans ces niveaux de shale. En fait, le développement de la fissilité aurait sans doute comme cause principale la préservation des laminations (Spears, 1980). Et c'est lors du départ de la matière organique, lorsque le sédiment est soumis à l'altération superficielle, que cette fissilité s'exprimerait (Goy, 1979).

IV. INTERPRÉTATIONS

Notons au préalable qu'étant donnée la continuité d'un ensemble de couches dont certaines sont d'épaisseur centimétrique (nannoconite de l'horizon α) et ceci sur l'ensemble du bassin vocontien, en domaine pélagique, on peut en déduire le caractère non resédimenté de ces couches, et la généralité d'épisodes particuliers dans la sédimentogenèse.

Les marnes encaissantes

Les marnes encaissantes offrent dans l'unité A un mode alternant, avec un terme relativement clair où les bioturbations sont manifestes et un terme gris foncé où des traces

de fouisseurs sont beaucoup plus discrètes. Dans l'unité B, l'homogénéité est totale, le matériel étant uniformément gris foncé, les bioturbations très peu visibles. Dans l'unité C, l'alternance est seulement mise en évidence par une légère différence dans l'induration des deux termes, identiques par ailleurs quant à leur couleur gris foncé.

De ces observations, il semblerait que ces différents aspects pourraient être la résultante des variations de trois paramètres : les fluctuations de la qualité du milieu benthique, sur le fond et dans le sédiment, les modalités de la production planctonique et nectonique en milieu pélagique, facteurs auxquels se surimposent les fluctuations des apports terrigènes.

Les alternances bicolores de l'unité A témoigneraient essentiellement de modifications cycliques de la qualité du milieu benthique, tour à tour favorable au développement de l'endobenthos ou lui imposant d'importantes restrictions, ceci dans un contexte réducteur où pyrite et sidérite ont pu se former. Certains horizons, des deux termes clair et sombre, riches en Lamellibranches (Aucellines) montrent que la vie était possible sur le fond, au moins à certaines périodes, cela même si sous l'interface le sédiment était réducteur. Notons qu'une rythmicité des teneurs en calcaires interfère dans cette unité avec les alternances de couleur. Ce qui pourrait indiquer des fluctuations dans la productivité nectoplanctique mais aussi benthique.

Dans l'unité B, le fait que les marnes sombres sont très monotones et homogènes laisse penser que les modifications cycliques des milieux benthiques et pélagiques, ou bien ne se manifestent plus, ou bien sont faibles au point de ne pas laisser une signature visible dans la lithologie. Notons la participation relativement faible du plancton calcaire par rapport au matériel argileux dans la formation du sédiment. Ceci peut se rapporter soit à une faible productivité des eaux de surface, soit à une augmentation de l'apport de terrigènes fins induisant alors une dilution des microfossiles, soit encore à une combinaison des deux phénomènes.

Aucune macrofaune n'a été observée dans l'encaissant de cette unité. La proportion de carbone organique pour sa part ne semble pas être différente de celle de l'unité A. La richesse en pyrite et sidérite témoigne du règne de conditions réductrices au sein de ce sédiment pendant tout le dépôt de l'unité. Il semblerait, d'après ces caractères, que la vie épibenthique et endobenthique n'ait pas bénéficié de conditions très favorables à son épanouissement.

Dans l'unité C, l'alternance se caractérise par la seule variation de l'induration corrélative à la teneur en calcaire, sans variation dans la teinte du sédiment. Pyrite et sidérite sont par ailleurs très fréquentes. Ces données semblent témoigner de conditions benthiques peu différentes de celles de l'unité B. Toutefois, ici, l'enrichissement périodique du sédiment en carbonate pourrait être l'indice de fluctuations dans l'activité du plancton calcaire, coccolithes, mais aussi Foraminifères qui deviennent alors abondants. Rappelons que la proportion de carbonate est en moyenne plus élevée dans ces unités que dans l'unité B, fait qui peut être attribué à l'augmentation de la productivité planctonique ou à l'affaiblissement des apports terrigènes fins.

L'absence ou la grande rareté des Ammonites dans les marnes encaissantes peut avoir pour cause soit leur départ d'un environnement pélagique peu favorable, consécutif par exemple au développement d'une couche à oxygène minimum, soit la dissolution de leur coquille due à l'action d'eaux agressives dans le sédiment ; soit encore, et plus vraisemblablement, au transport *postmortem* de leur test par les courants vers des zones d'accu-

mulation. Notons néanmoins en faveur de la deuxième hypothèse que les quelques Ammonites découvertes ne subsistent que sous forme d'empreintes très aplaties recouvertes d'un film de limonite.

Nannofossiles et Foraminifères semblent pour leur part avoir relativement peu souffert de la dissolution. L'analyse de frottis de nannofossiles montre la dominance dans le contexte marneux des *Watznaueria* et aussi des *Biscutum*. Ce phénomène peut résulter d'un accroissement de la proportion des formes résistantes par dissolution sélective, l'abondance des *Watznaueria* servant même pour certains auteurs d'index de dissolution (Roth et Bowdler, 1981). Néanmoins, la fréquence de *Biscutum*, espèce assez ténue, fort mal classée à ce sujet par Thierstein (1980*a*, fig. 1), entretient le doute sur cette hypothèse. Et l'on peut se demander si la fréquence de l'espèce *Watznaueria* ne serait pas originelle, et traduirait alors des conditions hydrologiques particulières.

Les shales

Comme on l'a vu plus haut, les niveaux de shales qui marquent de lignes sombres la stratification des marnes de l'Albien inférieur et moyen développent une fissilité remarquable. Cette fissilité est étroitement liée à la teneur en matière organique (fig. 6) et à la présence de lentilles calcitiques riches en nannofossiles, interprétées ici, à la suite des travaux de Roth *et al.* (1975), Honjo (1976), Goy (1979) et Goy *et al.* (1979) comme des pelotes fécales d'organismes du zooplancton. La conservation de telles structures suggère l'existence d'un milieu benthique défavorable à la vie. La préservation de la matière organique ayant en outre nécessité l'absence ou la raréfaction de l'oxygène, il semble raisonnable de retenir cette cause comme étant à l'origine du caractère abiotique du fond marin. L'aspect et la nature des organismes uniquement planctoniques et nectoniques trouvés dans les shales fossilifères viennent à l'appui de cette hypothèse.

Notons que les valves des quelques Lamellibranches présents sont encore attachées par le crochet. Les restes de poissons ne sont pas rares, des squelettes en connexion ayant même été découverts. Enfin, parmi les Ammonites, on peut rencontrer quelques spécimens, au test assez renflé, en position verticale, perpendiculaire au litage. Ceux-ci ont pu, de la façon suggérée par Seilacher *et al.* (1976) pour les *Nautilus* et *Aspidoceras* des Posidonienschieffer, sombrer, la coquille lestée par le corps mou resté en place. Ces observations peuvent s'expliquer par l'immobilité des eaux de fond, conséquence naturelle d'une stratification stable des eaux. Les renseignements susceptibles d'être apportés par les assemblages macrofauniques et microfauniques présents dans les passées de shales portent donc sur la qualité des eaux de surface.

Excepté le niveau Paquier, les lentilles calcaires des passées de shales sont dans la plupart des cas constituées uniquement de coccolithes. Dans le niveau Jacob, cependant, une faible proportion de *Nannoconus* s'adjoint à ces nannofossiles.

Les assemblages de coccolithes sont variés, tout au plus peut-on noter une faible recrudescence des formes rayonnées. De rares coccosphères sont présentes et beaucoup d'individus sont brisés. Tout au plus peut-on avancer des suppositions quant à l'appartenance éventuelle de certains éléments à une même sphère, contrairement aux observations de Bernier *et al.* (1972), Noël et Manivit (1978), Noël et Melguen (1978), Goy *et al.* (1979), etc. De belles lentilles ou lamines monospécifiques comme ont pu en décrire un certain

nombre d'auteurs dans des sédiments laminés de type euxinique n'existent pas (Busson et Noël, 1972 ; Noël, 1973, notamment pl. XIV, fig. 1 ; Ross et Degens, 1972 ; Müller *in* Doebl *et al.*, 1976 ; etc.). Dans le cas présent, la variété dans les populations de nannofossiles ne semble pas traduire de phénomène particulier quant à la qualité des eaux de surface dans lesquelles elles ont vécu.

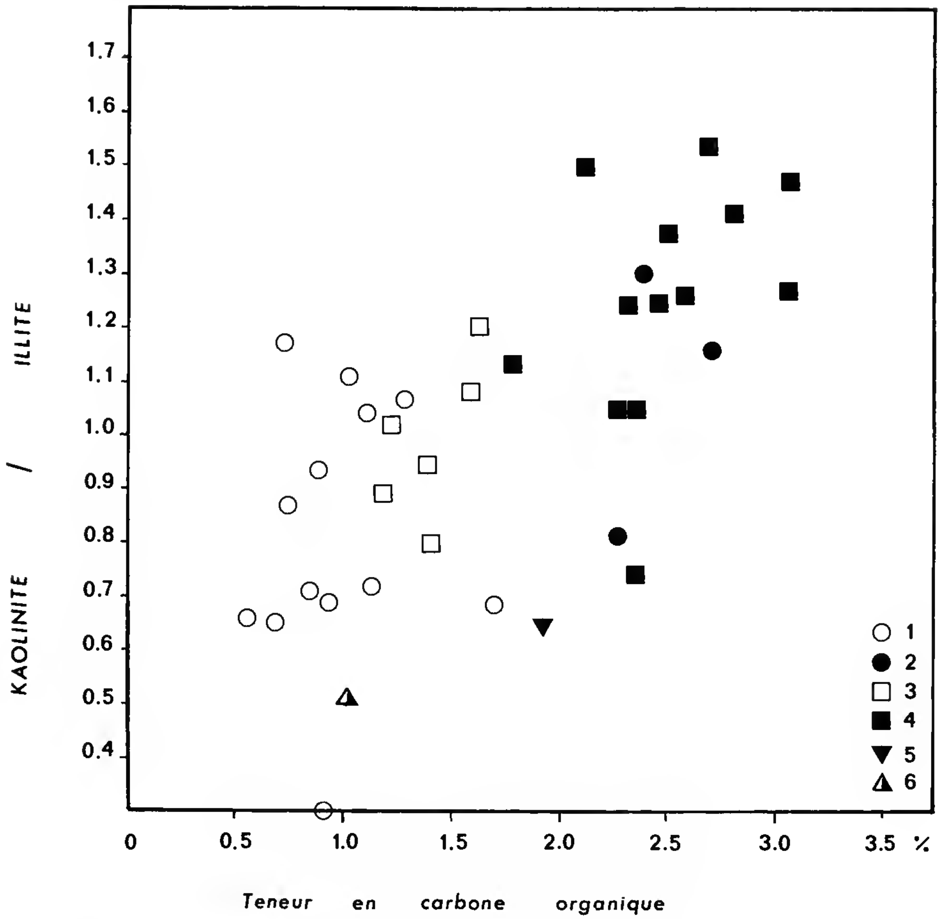


Fig. 6. — Diagramme de corrélations entre la teneur en carbone organique et le rapport kaolinite/illite (les termes fissiles (shales) apparaissent en noir). 1, marnes encaissantes ; 2, niveaux de shales des membres Kilian (unité A) et Leenhardt (unité C) ; 3, marnes intercalées dans le niveau Paquier ; 4, niveau Paquier ; 5, niveau Jacob ; 6, niveau Lory.

La monospécificité étant écartée, pourquoi ne trouve-t-on pas (ou bien rarement) de restes de coccosphères ? Il semble que l'écrasement de ces structures très fragiles a été intense durant l'enfouissement, et que les glissements intrasédimentaires ont provoqué un laminage des lentilles.

Dans le niveau Paquier, quelques lentilles sont formées de coccolithes, d'autres comportent coccolithes et *Nannoconus*, mais la plupart d'entre elles sont composées uniquement de *Nannoconus*. Ces corpuscules, presque totalement absents dans les marnes encaissantes, dominent ainsi la nannoflore dans la matrice et les lentilles de ce niveau et deviennent monospécifiques dans l'horizon α. Une telle occurrence dans des niveaux de black shales n'a semble-t-il été signalée qu'une seule fois, ceci dans l'Albien du Site 361 (DSDP) foré dans le bassin du Cap (Noël et Manivit, 1978, pl. IV, fig. 2 ; Noël et Melguen, 1979, pl. 4).

La richesse du niveau Paquier en *Nannoconus* semble témoigner du fait que les eaux de surface présentaient alors une qualité différente de celles dans lesquelles vivaient les planctontes retrouvés dans les marnes encaissantes et les autres passées de shales.

Les analyses en pyrolyse de la matière organique, malgré leur nombre très faible, viennent conforter cette hypothèse. En effet, cette matière organique aurait ici une origine plutôt marine alors qu'elle serait dans le niveau Jacob et les membres Kilian et Leenhardt, d'origine plutôt continentale. Ceci s'accorde assez bien avec l'enrichissement substantiel du niveau Paquier en calcaire et en carbone organique.

On peut imaginer une certaine convergence avec des calcaires pélagiques du Crétacé inférieur. En effet, ceux-ci sont formés essentiellement d'une accumulation de *Nannoconus* (Noël, 1968). Il est possible que les caractéristiques des eaux de surface aient été alors proches de celles qui furent nécessaires au développement des organismes à l'origine des calcaires précités.

On peut invoquer, suivant en cela Noël (*ibid.*), la raréfaction des apports terrigènes. Dans ces eaux alors purifiées, les *Nannoconus* auraient pu se développer au détriment des *Coccolithophorides*.

Leur accumulation dans ce niveau particulier se traduisant par une nette augmentation de la teneur en calcaire, ceci parallèlement à une augmentation de la teneur en matière organique, ne correspondrait pas forcément à un accroissement de la productivité dans les eaux de surface, mais peut-être à une diminution des apports terrigènes supposée à l'origine du phénomène. D'autre part, la disponibilité en éléments nutritifs nécessaires à une productivité importante était probablement réduite étant donnée l'absence d'échanges des eaux de surface avec les eaux de fond et la faiblesse des apports fluviatiles limitant alors la turbidité des eaux.

Une diminution des apports terrigènes pourrait donc peut-être expliquer la genèse de cet horizon singulier où l'abondance des fossiles ne serait que le résultat d'une faible dilution due à un taux d'accumulation très ralenti ; ce qui aboutirait ainsi à une sorte de condensation du message géologique, amplifiée par une forte compaction. Par ailleurs, cette faible vitesse d'enfouissement aurait en certains endroits permis le développement de concrétions diagénétiques dans la zone de réduction des sulfates.

Remarque. — L'unité C se trouve être le théâtre d'un grand développement de Foraminifères planctoniques. En proportion notable au sommet du niveau Paquier, ils participent de façon inégale aux assemblages microfauniques des différentes passées de shales de l'unité C. En revanche, ils constituent l'essentiel du plancton calcaire du niveau Lory, accompagnés de coccolithes groupés dans quelques lentilles. Faut-il y voir une modification de certains paramètres de l'environnement ou bien l'expression du phénomène de

l'évolution ? Le Crétacé moyen représente en effet une époque charnière pour ces planctontes. Après l'hégémonie des *Nannoconus* au Crétacé inférieur, période à dominante calcaire, succède le Gargasien-Albien, époque à partir de laquelle ils se raréfient. Les Foraminifères planctoniques demeurent peu abondants jusqu'à cette période, leur grand développement ne survenant qu'à l'Albien supérieur (Roth, 1978). Cet événement est tout à fait bien caractérisé dans les terrains du bassin vocontien et, dès les premières alternances de l'Albien supérieur, on peut observer de véritables « foraminites ». On peut suggérer que l'influx terrigène important au Gargasien-Albien a entravé l'existence des *Nannoconus*, entraînant une chute de production de calcaire pélagique (phénomène observé aussi en Atlantique Nord, *cf.* de Graciansky *et al.*, 1979) d'autant mieux marquée dans le sédiment que s'y surimpose l'effet de dilution par ces terrigènes. Cette cause a peut-être d'ailleurs été à l'origine de l'extinction d'un certain nombre d'espèces de *Nannoconus*.

La genèse du corps d'eaux stagnantes

Remarquons en préliminaire, ainsi que l'exposent Baudrimont et Dubois (1977), que le bassin mésozoïque du sud-est subit un stade de fermeture de la fin du Jurassique au Crétacé supérieur, avec réduction progressive des zones de sédimentation à partir du sud. Des rides anticlinales E-W se différencient ; et l'individualisation de l'Isthme durancien provoque, au Crétacé moyen, le partage du bassin en deux unités de sédimentation, sud-provençale et vocontienne.

Il semble que le bassin vocontien ait eu à cette époque des connexions relativement limitées avec le domaine océanique téthysien, essentiellement localisées à l'est, au niveau de la zone briançonnaise.

Debelmas et Lemoine (1971) nous apprennent que le Néocomien existe exceptionnellement dans cette zone briançonnaise, considérée comme un haut fond de structure complexe. Il prend alors un faciès pélagique et son épaisseur est très faible. Quelquefois, dans des sillons, la série crétacée, très réduite, semble complète, et comporte, intercalés entre Néocomien et Cénomanien des « schistes noirs » Aptien-Albien de quelques mètres d'épaisseur. Mais dans la plupart des cas, le Crétacé inférieur n'existe pas. Les auteurs interprètent cette absence de dépôt comme une lacune sous-marine due à des courants balayant le haut fond briançonnais, empêchant ainsi toute sédimentation.

Cependant, Bourbon *et al.* (1973) remettent en cause la profondeur à laquelle se situe le haut fond briançonnais. Ils invoquent pour cela le fait que les lacunes peuvent être dues à une dissolution des carbonates dont l'explication serait le dépôt des sédiments au voisinage du niveau de compensation de la calcite. Les sédiments présenteraient des organismes corrodés par la dissolution, le plancton calcaire étant quasiment absent, et les radiolaires abondants. En fait, depuis le Bathonien jusqu'au Cénomanien, ce haut fond aurait « été progressivement porté à des profondeurs marines de plus en plus grandes, ménageant une transition entre la plate-forme continentale de la zone externe et les fonds océaniques de la zone piémontaise ».

Néanmoins, la paléotopographie de la zone briançonnaise comme des zones adjacentes apparaît relativement complexe (*cf.* Bourbon, 1978) et l'existence d'un seuil en bordure du bassin vocontien n'est peut-être pas à écarter. En ce cas nous pouvons penser qu'au Crétacé moyen les échanges d'eau entre mer alpine et bassin vocontien, privé par ailleurs

de ses communications vers le sud, étaient limités. Dès lors, des variations dans les apports fluviatiles vers le bassin et dans le volume des précipitations étaient des phénomènes susceptibles de provoquer un confinement au cours duquel un corps d'eaux stagnantes se formait.

Néanmoins, force nous est de constater que le dépôt de black shales (sous des faciès différents) s'effectuait au Crétacé moyen tant sur les fonds océaniques de la zone piémontaise (Scisti di Val Lavagna ; *cf.* Decandia et Elter, 1972) que sur certaines de ses marges (revue *in* Jenkyns, 1980). La genèse des niveaux décrits ici n'a donc peut-être pas une explication purement locale dans le cadre du bassin vocontien. Qui plus est, il est désormais connu qu'à la même époque, les dépôts de sédiments de type euxinique s'étendaient à nombre d'autres bassins océaniques, notamment en Atlantique (Arthur, 1979 ; Arthur et Natland, 1979 ; Tucholke et Vogt, 1979 ; etc.). La cause de cet événement particulier pourrait être à rechercher dans des conditions océaniques générales ainsi que le soulignent de Graciansky *et al.* (1981).

Les phosphates

Comme l'ont remarqué Jacob (1907) et plus récemment Cotillon (1971) les faciès phosphatés présentent une certaine fréquence sur le pourtour du domaine vocontien à l'Albien inférieur et moyen. Citons par exemple la région de Castellane, les gisements jadis exploités de Salazac à l'ouest du Rhône, le « Béton du Vercors », etc. Notons encore leur généralité dans les environnements peu profonds d'une grande partie de l'Europe à cette époque, en particulier le Bassin parisien. La formation des nodules phosphatés est mise en relation par Cotillon (1971 : 234) avec les surfaces de bancs durcies, traduisant un arrêt total ou quasi total de la sédimentation, en raison de la trop grande énergie du milieu. L'auteur établit un rapprochement de cette richesse en phosphates avec la luxuriance de la vie nectonique et benthique sur la plate-forme néritique à cette époque.

Il me semble qu'on peut également relier ces phosphates à la présence de black shales généralisés dans les faciès pélagiques du domaine vocontien.

Une concentration en phosphore a pu s'opérer lors des épisodes d'euxinisme dans les eaux profondes, par décomposition des organismes planctoniques et nectoniques, notamment poissons et phytoplancton. Puis, à la fin de ces épisodes, le renouvellement des eaux par les courants entraînait les éléments présents au fond, dont le phosphore, vers les milieux peu profonds, agités, favorables à la formation de croûtes, oolithes et nodules phosphatés.

A l'appui de cette dernière remarque, citons la découverte par de Boer *et al.* (1980), de composés organiques en quantité importante dans les marnes noires de Vergons, indiquant la présence de Dinoflagellés et de bactéries productrices de méthane. Fauconnier et Slansky (1978, 1980), sur la base d'études de l'Albien-Cénomanien du Bassin de Paris et du Paléogène du Bassin de Gafsa, ont montré qu'il pouvait exister une liaison étroite entre la présence de Dinoflagellés et de séquences phosphatées. Pour ces auteurs, les kystes de Dinoflagellés semblent pouvoir en outre contribuer à nourrir ou à amorcer des néoformations de silicates tels que la glauconie, minéral qu'on sait abondant sur les bordures du domaine vocontien.

Conclusions

Au sein des marnes et argiles calcaires de couleur sombre déposées à l'Albien inférieur et moyen en domaine vocontien, se distinguent de rares bancs de calcaires ou de marnes et des niveaux plus fréquents de black shales dont la plupart montrent une grande continuité à l'échelle du bassin. Cette continuité a permis l'établissement de corrélations d'horizons parfois centimétriques entre des points relativement éloignés (plus de 100 km), et la constitution d'une coupe synthétique dans laquelle trois unités lithologiques ont été distinguées.

Les marnes encaissantes présentent une rythmicité très discrète qui semble le résultat des variations de trois paramètres : le caractère plus ou moins réducteur du dépôt sous l'interface, les oscillations sans doute d'origine climatique de la production du plancton calcaire, facteurs auxquels se surimposent les fluctuations des apports terrigènes. Le milieu benthique, vraisemblablement quelque peu dysaérobique, ne fut pas très favorable à la vie en cette période, comme en témoignent la grande rareté des macrofossiles et la faible proportion de Foraminifères benthiques. Ce n'est que dans la première unité lithologique, à la base de l'Albien, que se retrouvent des organismes benthiques, le sédiment montrant alors, mais de façon cyclique, d'évidentes bioturbations.

A diverses reprises, l'installation d'un corps d'eaux stagnantes détermina une anoxie au fond du bassin, autorisant le dépôt généralisé de shales noirs, riches en matière organique, mais à teneur variable en carbonates, provenant pour l'essentiel de lentilles composées de nannofossiles calcaires. Dans certains niveaux, la préservation de Céphalopodes et de squelettes de poissons en connexion est tout à fait remarquable. L'analyse de la nannoflore contenue dans ces passées témoignerait d'une qualité normale des eaux de surface. Un seul niveau présente une nannoflore typique à *Nannoconus*. Ce niveau est remarquable par sa grande fissilité et l'abondance des Ammonites écrasées. Il est relativement plus riche en calcaire et matière organique (essentiellement d'origine marine) que les autres niveaux de shales. Cet enrichissement est particulièrement important à sa partie supérieure où il m'a été possible de distinguer un horizon repère (horizon α), qu'on peut qualifier de « nannoconite ». Le pullulement de *Nannoconus*, lors de cet épisode particulier, serait le témoin d'un important ralentissement de l'apport terrigène dans le domaine Vocontien.

A l'origine de la formation d'une stratification stable des eaux (ceci de manière répétée), on peut évoquer des fluctuations dans les apports fluviatiles et dans le volume des précipitations, modifiant ainsi l'hydrologie de ce bassin, aux communications quelque peu limitées avec le domaine océanique.

Il apparaît cependant que le faciès de black shale présente à l'époque une extension tout à fait notable puisqu'on le trouve non seulement sur la marge nord-téthysienne (shales à Ammonites écrasées en domaines savoyard et helvétique, et shales azoïques en Briançonnais) mais aussi sur la marge sud et dans le domaine océanique proprement dit. D'autre part, la présence de sédiments de type euxinique en Atlantique est désormais bien connue. Ces shales riches en matière organique se sont déposés dans des environnements variés, avec des conditions de sédimentation assurément différentes, mais, de façon singulière, ils montrent une certaine généralisation au Gargasien-Albien, à telle enseigne qu'ils cons-

tituent ce que certains auteurs (Schlänger et Jenkyns, 1976) nomment l'Événement Anoxique Océanique N° 1 (O.A.E. 1). L'épisode éoalbien vocontien coïncide avec le maximum de cet événement. Dès lors, bien qu'un certain confinement de caractère local puisse être à l'origine des faciès décrits dans cette note, on ne peut manquer aussi de penser à leur genèse comme une conséquence d'un phénomène plus général.

Remerciements

Ce travail a été mené à bien dans le cadre du GRECO 52 (anciennement RCP 459) dirigé par M. G. Busson, Sous-Directeur au Laboratoire de Géologie du Muséum national d'Histoire naturelle. Je remercie très vivement M. G. Busson et Mlle D. Noël, Maître de Recherche au CNRS, dont l'aide et les conseils m'ont été très précieux. Je suis également particulièrement reconnaissant à M. Y. Bodeur, Assistant au Laboratoire de Géologie Historique de la Faculté des Sciences de Nantes, de m'avoir accompagné au cours d'une mission sur le terrain. Que soient aussi remerciés MM. L. Rasplus et J. J. Macaire, Maîtres-Assistants au Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Tours, avec qui j'ai eu de fructueuses discussions ; M. le Pr. J. Trichet, directeur au Laboratoire de Géologie appliquée de la Faculté des Sciences d'Orléans, qui m'a permis de procéder à des analyses sur les appareils de son laboratoire, aidé en cela par MM. P. Alberic, M. Boudou, P. Saha et T. Saugrin. Les études au MEB ont été réalisées au Laboratoire d'Histologie dirigé par M. le Pr. J. Maillet, de la Faculté de Médecine de Tours, que je remercie vivement, ainsi que le personnel de ce laboratoire, particulièrement Mmes B. Arbeille et A. M. Tessier et M. P. Y. Cizaret. La détermination des Lamellibranches a été effectuée par Mme S. Freinex, et celle des poissons par Mme M. Gayet, de l'Institut de Paléontologie du Muséum national d'Histoire naturelle. Mes remerciements vont également au personnel du Laboratoire de Géologie de la Faculté des Sciences de Tours : M. C. Berthier, Mlles B. Maders et D. Doussin et Mme P. Cier.

Cette étude a été facilitée par l'obtention de crédits dans le cadre de l'ATP IPOD.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

Arthur, M. A., 1979. — North Atlantic Cretaceous Black shales : the record at site 398 and a brief comparison with other occurrences. *In* : J. C. Sibuet, W. B. F. Ryan *et al.* Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, **47** (part 2), Washington (U.S. Government Printing Office) : 719-751.

Arthur, M. A., et J. H. Natland, 1979. — Carbonaceous sediments in the North and South Atlantic : the role of salinity in stable stratification of Early Cretaceous basins. *In* : Deep Drilling Results in the Atlantic Ocean : Continental Margins and Paleoenvironments. Maurice Ewing Series 3. M. Talwani, W. Hay et W. B. F. Ryan, éd. Am. geophys. Union, Washington D.C. : 375-401.

Baudrimont, A. F., et P. Dubois, 1977. — Un bassin mésogéen du domaine périalpin : le Sud-Est de la France. *Bull. Cent. Rech. Explor.-Prod. Elf-Aquitaine*, **1** (1) : 261-308.

Bennett, R. H., W. R. Bryant et G. H. Keller, 1981. — Clay fabric of selected submarine sediments : fundamental properties and models. *J. sedim. Geol.*, **51** (1) : 217-232.

Bernier, P., G. Busson, R. Enay et D. Noël, 1972. — Les calcaires bitumineux d'Armailles, formation laminée du Kimméridgien de la région de Belley (Ain), et leurs conditions de dépôt. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **274** (22) : 2925-2928.

Bernoulli, D. 1972. — North Atlantic and Mediterranean Mesozoic Facies : a comparison. *In* : C. D. Hollister, J. I. Ewing *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, **11**, Washington (U.S. Government Printing Office) : 801-871.

Bernoulli, D., et H. C. Jenkyns, 1974. — Alpine, Mediterranean and central Atlantic Mesozoic facies in relation to the early evolution of the Tethys. *In* : R. H. Dott et R. H. Shaver, éd., Modern and Ancient Geosynclinal Sedimentation. *Spec. Publs Soc. econ. Palaeont. Miner., Tulsa*, **19** : 129-160.

Boer, P. de, J. de Leeuw et S. O. Schlänger, 1978. — Sedimentology and organicg eochemistry of Aptian-Albian « Marnes Noires », Vergnos, Alpes maritimes, France. *In* : G. M. Friedman (éd.), Abstracts, 10th Int. Congr. Sedim., Jerusalem, 1 : 160-161.

Bourbon, M., 1978. — Mesozoic Evolution of Western North Atlaotic and North Tethyan Margins : a comparison. *In* : W. E. Benson, R. E. Sheridan *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, **44**, Washington (U.S. Government Printing Office) : 949-969.

Bourbon, M., P. C. de Graciansky, J. Megard-Galli et M. Lemoine, 1973. — L'évolution paléogéographique du domaine briançonnais au Mésozoïque : carbonates de plate-forme subsidente, révolution du Lias supérieur, instauration progressive d'un régime pélagique profond. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **277** : 769-772.

Breistroffer, M., 1937. — Sur les niveaux fossilifères de l'Albien dans la fosse vocontienne (Drôme, Hautes Alpes et Basses Alpes). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **204** : 1492-1493.

O'Brien, N. R., 1970. — The fabric of shale — an electron microscope study. *Sedimentology*, **15** : 229-246.

Busson, G., et D. Noël, 1972. — Sur la constitution et la genèse de divers sédiments finement feuilletés (« laminites ») à alternances de calcaire et de matière organique ou argilense. *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **274** : 3172-3175.

Byers, C. W., 1974. — Shale fissility : relation to bioturbation. *Sedimentology*, **21** (3) : 479-484.

Charollais, J., M. Moullade, H. J. Oertli et B. Porthault, 1971. — Foraminifères et Ostracodes de l'Albien inférieur dans le « Gault » basal du Massif des Bornes (Haute Savoie, France). *Géologie alpine*, **47** : 133-139.

Cotillon, P., 1971. — Le Crétacé inférieur de l'arc subalpin de Castellane entre l'Asse et le Var, stratigraphie et sédimentologie. *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, **68** : 313 p.

Cotillon, P., S. Ferry, C. Gaillard, E. Jautee, G. Latreille et M. Rio, 1980. — Fluctuation des paramètres du milieu marin dans le domaine vocontien (France Sud-Est) au Crétacé inférieur : mise en évidence par l'étude des formations marno-calcaires alternantes. *Bull. Soc. géol. Fr.*, **22** (5) : 735-744.

Debelmas, J., et M. Lemoine, 1965. — Le Crétacé inférieur dans les zones ioternes des Alpes occidentales franco-italiennes. Coll. Crétacé inférieur, Lyon, *Mém. Bur. Rech. géol. min.*, **34** : 723-732.

Decandia, F. A., et P. Elter, 1972. — La « zona » ofiolitifera del Bracco nel settore compresso fra Levanto e Val Graveglia (Appennino Ligure). *Memorie Soc. geol. ital.*, **11** : 503-530.

Doebl, F., C. Müller, M. Schuler, C. Sittler et H. Weiler, 1976. — Les marnes à Foraminifères et les schistes à poissons de Bremmelbach (Bas-Rhin), Études sédimentologiques et micropaléontologiques. Reconstitution du milieu au début du Rupélien dans le Fossé Rhénan. *Sci. Géol., Bull.*, **29** (4) : 285-320.

Fauconnier, D., et M. Slansky, 1978. — Rôle possible des Dinoflagellés dans la sédimentation phosphatée. *Bull. Bur. Rech. géol. min.*, **3** (section IV) : 191-200.

Fauconnier, D., et M. Slansky, 1980. — Relations entre le développement des Dinoflagellés et la sédimentation phosphatée du bassin de Gafsa (Tunisie). *In* Géologie comparée des gisements de phosphate et de pétrole. *Docum. Bur. Rech. géol. min.*, **24** : 185-204.

Gillet, S., 1920. — Sur la faune de Lamellibranches des gisements néocommiens pyriteux. *Bull. Soc. géol. Fr.*, 4e sér., **19** (7-9) : 285-288.

Goguel, J., 1954. — A propos de la profondeur du dépôt des marnes à Ammonites pyriteuses. *C. r. somm. Soc. géol. Fr.*, **11** : 222-225.

GOY, G., 1979. — Les « Schistes carton » (Toarcien inférieur) du Bassin de Paris, en affleurements et en sondages. Étude par diagraphies, pétrographie, nannoflore calcaire, conditions de sédimentation. Thèse de doctorat 3e cycle, université Pierre et Marie Curie, Paris : 187 p.

GOY, G., D. NOËL et G. BUSSON, 1979. — Les conditions de sédimentation des Schistes-carton (Toarcien inf.) du bassin de Paris déduites de l'étude des nannofossiles calcaires et des diagraphies. *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **75** : 33-57.

GRACIANSKY, P. C. DE, M. BOURBON, O. DE CHARPAL, P. Y. CHENET et M. LEMOINE, 1979. — Genèse et évolution comparées de deux marges continentales passives : marge ibérique de l'Océan Atlantique et marge européenne de la Téthys dans les Alpes occidentales. *Bull. Soc. géol. Fr.*, sér. 7, **21** (5) : 663-674.

GRACIANSKY, P. C. DE, G. A. AUFFRET, P. DUPEUBLE, L. MONTADERT et C. MÜLLER, 1979. — Interpretation of depositional environments of the Aptian/Albian Black Shales on the North Margin of the Bay of Biscay (DSDP sites 400 and 402). *In* : L. MONTADERT, D. G. ROBERTS *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, **48**, Washington (U.S. Government Printing Office) : 877-907.

GRACIANSKY, P. C. DE, M. BOURBON, M. LEMOINE et J. SIGAL, 1981. — The sedimentary record of Mid-Cretaceous events in the Western Tethys and Central Atlantic Oceans and their continental margins. *Eclog. geol. Helv.*, **74** (2) : 353-367.

GUÉRIN, S., et M. MOULLADE, 1979. — Les Foraminifères dans les faciès « Black Shales » et assimilés : quelques réflexions sur le modèle vocontien au Crétacé inférieur. *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **75** : 59-69.

HONJO, S., 1976. — Coccoliths : production, transportation and sedimentation. *Mar. Micropal.*, **1** : 65-79.

JACOB, Ch., 1907. — Études paléontologiques et stratigraphiques sur la partie moyenne des terrains crétacés dans les Alpes françaises et les régions voisines. Thèse, Paris : 314 p.

JENKYNS, H. C., 1980. — Cretaceous anoxic events : from continents to oceans. *J. geol. Soc. London*, **137** (2) : 171-188.

KILIAN, W., 1888. — Description géologique de la montagne de Lure (Basses-Alpes). *Annls Sci. géol.*, Paris, Masson, **19**, **20** : 460 p.

MIGNIOT, C., 1968. — Étude des propriétés physiques de différents sédiments très fins et de leur comportement sous des actions hydrodynamiques. *Houille blanche*, revue internationale de l'eau, **7** : 591-620.

MOULLADE, M., 1966. — Étude stratigraphique et micropaléontologique du Crétacé inférieur de la fosse vocontienne. Thèse Lyon. *Docum. Lab. Géol. Fac. Sci. Lyon*, **15** : 369 p.

NOËL, D., 1968. — Nature et genèse des alternances de marnes et de calcaires du Barrémien supérieur d'Angle (Fosse Vocontienne, Basses Alpes). *C. r. hebd. Séanc. Acad. Sci., Paris*, sér. D, **266** : 1223-1225.

— 1973. — Nannofossiles calcaires de sédiments jurassiques finement laminés. *Bull. Mus. natn. Hist. nat., Paris*, 3e sér., n° 75, Sciences de la Terre 14 : 95-156.

NOËL, D., et H. MANIVIT, 1978. — Nannofaciès de « black shales » aptiennes et albiennes d'Atlantique Sud (leg 36 et 40). Inrétêt sédimentologique. *Bull. Soc. géol. Fr.*, sér. 7, **20** (4) : 491-502.

NOËL, D., et M. MELGUEN, 1978. — Nannofacies of Cape Basin and Walvis Ridge sediments, lower Cretaceous to Pliocene (leg 40). *In* : H. M. BOLLI, W. B. F. RYAN *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, **40**, Washington (U.S. Government Printing Office) : 487-524.

PAQUIER, V., 1900. — Recherches géologiques dans le Diois et les Baronnies orientales. Thèse, Grenoble : 402 p.

ROSS, D. A., et E. T. DEGENS, 1974. — Recent sediments of Black Sea. *In* : E. T. DEGENS et D. A. ROSS, éd. The Black Sea-geology, chemistry and biology : 183-199.

Roth, P. H., 1978. — Cretaceous nannoplankton biostratigraphy and oceanography of the Northwestern Atlantic Ocean. *In* : W. F. Benson, R. E. Sheridan *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, **44**, Washington (U.S. Government Printing Office) : 731-759.

Roth, P. H., et J. L. Bowdler, 1981. — Middle Cretaceous calcareous nannoplankton biogeography and oceanography of the Atlantic Ocean. *In* : J. E. Warme, R. G. Douglas et E. L. Winterer, The Deep Sea Drilling Project, a decade of progress, *S.E.P.M. Spec. Publ.*, **32** : 517-546.

Roth, P. H., M. M. Mullin et W. H. Berger, 1975. — Coccolith sedimentation by fecal pellets : laboratory experiments and field observations. *Geol. Soc. Am. Bull.*, **86** : 1079-1084.

Rutten, M. G., 1953. — Sur la genèse des dépôts à Ammonites pyriteuses. *C. r. somm. Soc. géol. Fr.*, **15** : 305-308.

Schlänger, S. O., et H. C. Jenkyns, 1976. — Cretaceous oceanic anoxic events : causes and consequences. *Geologie Mijnb.*, **55** (3-4) : 179-184.

Seilacher, A., F. Andalib, G. Dietl et H. Gocht, 1976. — Preservational Jurassic Ammonites from Southern Germany. *Neues Jb. Geol. Paläont. Abh.*, **152** (3) : 307-356.

Spears, D. A., 1980. — Towards a classification of shales. *J. geol. Soc. London*, **137** (2) : 125-129.

Termier, H., et G. Termier, 1954. — Sur les conditions de formation des faunes pyriteuses. *C. r. somm. Soc. géol. Fr.*, **3** : 86-88.

Thierstein, H. R., 1973. — Lower Cretaceous Calcareous Nannoplankton Biostratigraphy. *Abh. Geol. B.-A.*, **29** : 52 p.

— 1980. — Selective dissolution of late Cretaceous and earliest Tertiary calcareous nannofossils : experimental evidence. *Cretaceous Res.*, **2** : 165-176.

Tourtelot, H. A., 1960. — Origin and use of the word « shale ». *Am. J. Sci.*, **258**-A : 335-343.

Tucholke, B. E., et P. R. Vogt, 1979. — Western North Atlantic : Sedimentary Evolution and Aspects of Tectonic History. *In* : B. E. Tucholke, P. R. Vogt *et al.*, Initial Reports of the Deep Sea Drilling Project, **43**, Washington (U. S. Government Printing Office) : 791-825.

PLANCHE I

Marnes encaissantes, terme gris clair bioturbé (fig. 1-6 : col de la Chaudière, unité A).

1 — Section perpendiculaire au litage ; niveau riche en argiles ; le litage est bien visible. N.E. 891 B ; N.C. 1848 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

2 — Section perpendiculaire au litage ; niveau riche en carbonates ; le litage disparaît. N.E. 891 B ; N.C. 1850 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

3 — Section parallèle au litage ; feuillets argileux bien individualisés. N.E. 891 B ; N.C. 1857 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

4 — Section perpendiculaire au litage ; Foraminifère au test recristallisé. N.E. 891 B ; N.C. 1853 ; G × 600 ; E 10 µm.

5 — Coccolithe (*Watznaueria*) aux éléments fortement recristallisés. N.E. 891 A ; N.C. 1830 ; G × 5 200 ; E 1 µm.

6 — Section parallèle au litage ; ensemble très recristallisé. N.E. 891 A ; N.C. 1842 ; G × 2 200 ; E 10 µm.

Marnes encaissantes, terme gris foncé à noir (fig. 7-8 : col de la Chaudière, unité A ; fig. 9-11 : col de Palluel, unité C).

7 — Section perpendiculaire au litage, ici bien visible. N.E. 891 C ; N.C. 1861 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

8 — Section parallèle au litage ; feuillets argileux bien individualisés. N.E. 891 C ; N.C. 1866 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

9 — Section parallèle au litage ; les feuillets argileux sont plus ou moins coalescents. N.E. 012 ; N.C. 458 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

10 — Section perpendiculaire au litage ; l'orientation des feuillets argileux est remarquable. N.E. 012 ; N.C. 447 ; G × 600 ; E 10 µm.

11 — Section parallèle au litage ; lassis d'arrachement des argiles. N.E. 012 ; N.C. 467 ; G × 600 ; E 10 µm.

Calcaires (fig. 12-14 : Valouse, Clansayésien ; fig. 15 : Vergons, unité A, calcaire à Aucellines).

12 — Litage non visible ; nombreux nannofossiles avec dominance des *Nannoconus* ; recristallisation très importante. N.E. 921 ; N.C. 1875 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

13 — Détail d'un échantillon situé dans un autre banc. N.E. 919 ; N.C. 1891 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

14 — Coccolithe (*Parhabdolithus*) en voie de recristallisation. N.E. 919 ; N.C. 1888 ; G × 4 300 ; E 1 µm.

15 — Calcaire argileux à Aucellines, section perpendiculaire au litage ; orientation statistique des particules argileuses. N.E. 1048 ; N.C. 1761 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

Abréviations utilisées : N.E., numéro de l'échantillon ; N.C., numéro du cliché ; G, grossissement ; E, échelle.

Sur toutes les figures, le trait gras situé à la partie inférieure droite représente l'échelle exprimée en microns (1, 10, 100 µm ; précisé dans les légendes). A la partie inférieure gauche, le signe = indique une section perpendiculaire au litage, le signe + une section parallèle au litage, le signe ⊖, une section perpendiculaire au litage, alors très mal caractérisé.

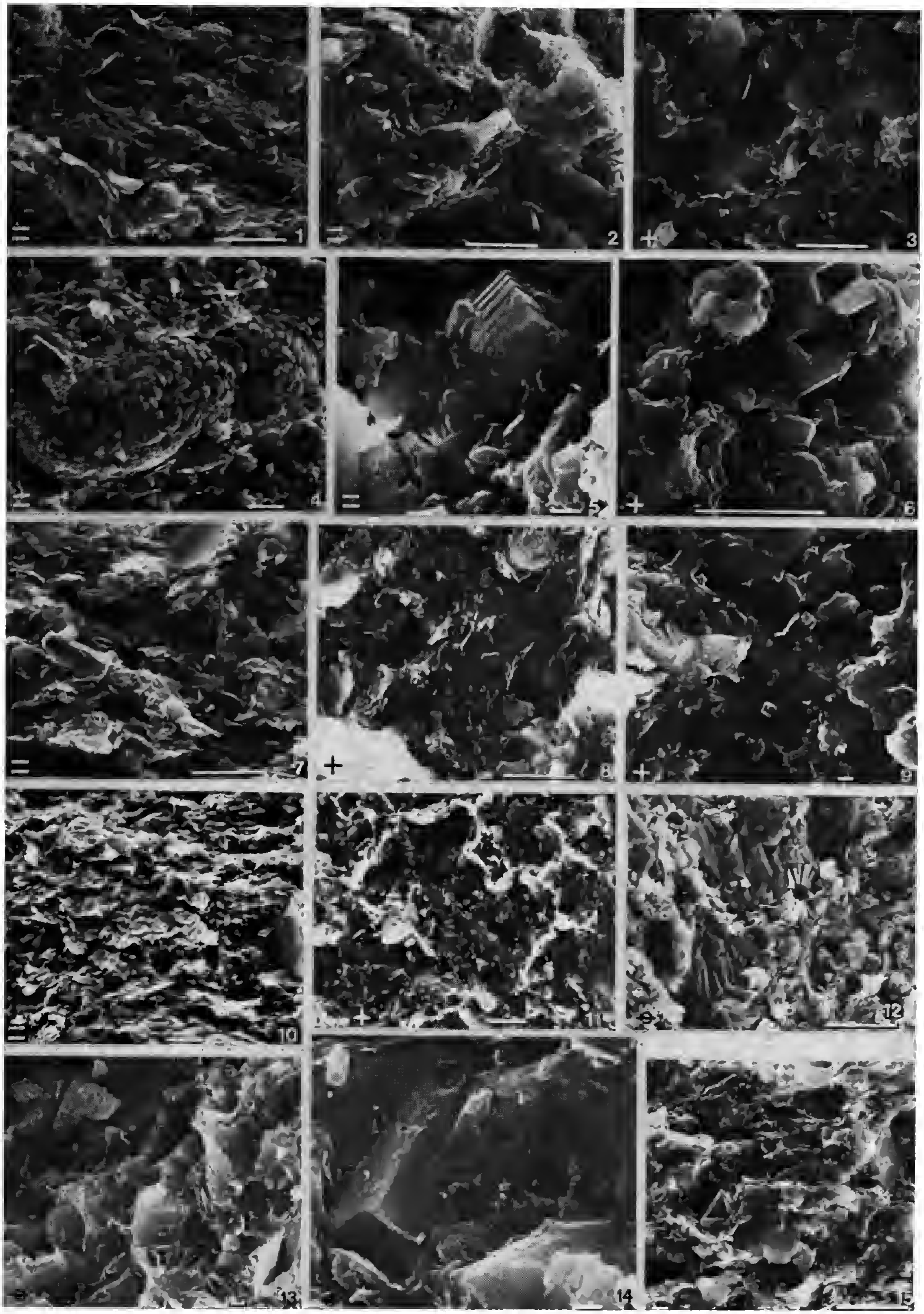


PLANCHE I

PLANCHE II

Niveaux de shales des membres Kilian et Leenhardt (fig. 1-10 : col de Palluel, membre Leenhardt ; fig. 11, 13 : col de Pré-Guittard, membre Kilian ; fig. 12 : col de Palluel, passée de shale azoïque, unité Bj.

1 — Section perpendiculaire au litage ; ensemble d'une lentille à coccolithes. N.E. 017 ; N.C. 622 ; G × 320 ; E 10 µm.

2 — Détail de cette lentille montrant des coccolithes (*Discorhabdus*) en « pile d'assiettes effondrées », interprété comme résultant d'un glissement intrasédimentaire. N.E. 017 ; N.C. 620 ; G × 9 600 ; E 1 µm.

3 — Autre vue de cette lentille montrant l'empilement de coccolithes dont beaucoup sont brisés. N.E. 017 ; N.C. 617, 618 ; G × 1 450 ; E 10 µm.

4 — Section parallèle au litage ; une orientation préférentielle des particules se distingue ; remarquer la coalescence des argiles (présence de matériel bitumineux). N.E. 017 ; N.C. 627 ; G × 600 ; E 10 µm.

5 — Section perpendiculaire au litage ; parfaite orientation des particules argileuses. N.E. 015 ; N.C. 496 ; G × 600 ; E 10 µm.

6 — Détail de la vue précédente. N.E. 015 ; N.C. 497 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

7 — Section parallèle au litage illustrant la disposition « à plat » des coccolithes (*Watznaueria*) ainsi que la coalescence des argiles. N.E. 011 ; N.C. 437 ; G × 1 300 ; E 10 µm.

8 — Section parallèle au litage ; les feuillets argileux sont ici relativement bien séparés. N.E. 015 ; N.C. 524 ; G × 600 ; E 10 µm.

9 — Détail de la vue précédente. N.E. 015 ; N.C. 525 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

10 — Calcisphère ; remplissage du test par des octaèdres de pyrite. N.E. 017 ; N.C. 613 ; G × 1 100 ; E 10 µm.

11 — Détail d'une lentille calcitique. Les fragments de coccolithes sont inclus dans une matrice de minuscules cristallites (« nannocarbs ») qui peuvent provenir du démantèlement d'holococcolithes ou d'aires centrales de certains hétérococcolithes. N.E. 991 ; N.C. 1926 ; G × 2 900 ; E 1 µm.

12 — Coccosphère très recristallisée, au sein de la matrice de shale. N.E. 801 ; N.C. 1584 ; G × 6 600 ; E 1 µm.

13 — Rhomboèdre très corrodé de sidérite. N.E. 991 ; N.C. 1927 ; G × 600 ; E 10 µm.

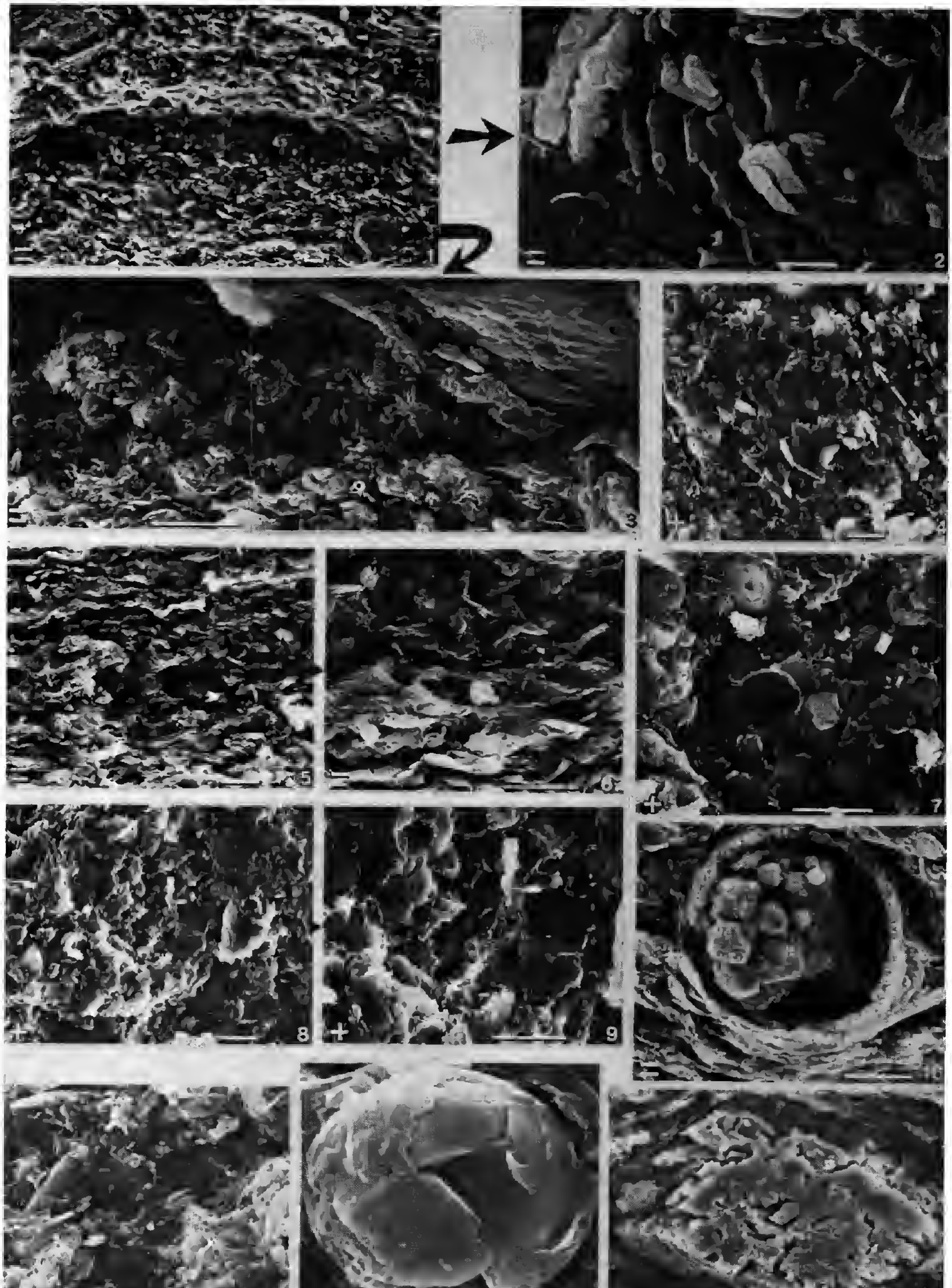


PLANCHE II

PLANCHE III

Niveau Paquier, unité B (fig. 1-4 : matrice ; fig. 5-14 : lentilles à coccolithes, col de Palluel).

1 — Section perpendiculaire au litage, montrant une excellente orientation des particules argileuses, et l'abondance des *Nannoconus*. N.E. 008 ; N.C. 346 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

2 — Section perpendiculaire au litage ; vue détaillée montrant les tests de *Nannoconus* recouverts de matériel argilo-bitumineux. N.E. 825 ; N.C. 1654 ; G × 2 600 ; E 1 µm.

3 — Section parallèle au litage. N.E. 008 ; N.C. 312 ; G × 600 ; E 10 µm.

4 — Section perpendiculaire au litage ; ici la matrice est moins bien ordonnée, les argiles moulant les différents éléments présents. A la partie supérieure, on distingue une lentille très étirée d'épaisseur voisine de 10 µm, composée de fragments de coccolithes. Comparer avec la taille du coccolithe sous-jacent (*Watznaueria*). On notera aussi que le foraminifère planctonique situé à proximité est de très petite taille. N.E. 007 ; N.C. 291, 292 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

5 — Calcisphère écrasée. N.E. 008 ; N.C. 330 ; G × 4 300 ; E 1 µm.

6 — Détail d'une lentille composée de coccolithes la plupart brisés. N.E. 009 ; N.C. 414 ; G × 11 000 ; E 1 µm.

7 — Ensemble de coccolithes entiers, certains recristallisés, associés à de nombreux débris (« micarbs »). N.E. 009 ; N.C. 419 ; G × 5 200 ; E 1 µm.

8 — Quelques coccolithes entiers plus ou moins recristallisés émergent d'une masse de cristallites très ténus (« nannocarbs ») provenant peut-être du démantèlement d'holococcolithes. N.E. 009 ; N.C. 408 ; G × 4 300 ; E 1 µm.

9 — Un coccolithe, *Stephanolithion laffitei*, est reconnaissable dans une masse de débris dont une grande partie provient sans doute de la destruction de *Parhabdolithus*, notamment des hampes. N.E. 009 ; N.C. 364 ; G × 6 600 ; E 1 µm.

10 — Détail de la figure précédente ; l'individu présente une recristallisation très nette de ses éléments. N.E. 009 ; N.C. 365 ; G × 12 000 ; E 1 µm.

11 — Détail d'un coccolithe de forme rayonnée (*Corollithion fragilis*). N.E. 009 ; N.C. 416 ; G × 9 000 ; E 1 µm.

12 — Lentille composée d'un ensemble de débris de coccolithes très recristallisés. Les formes reconnaissables sont rares. N.E. 009 ; N.C. 366 ; G × 4 700 ; E 1 µm.

13 — Lentille où les petits fragments de coccolithes (« micarbs ») ont subi une importante recristallisation. Les polyèdres de calcite atteignent une certaine taille. N.E. 825 ; N.C. 1659 ; G × 600 ; E 10 µm.

14 — Détail de la vue précédente. N.E. 825 ; N.C. 1658 ; G × 3 600 ; E 1 µm.

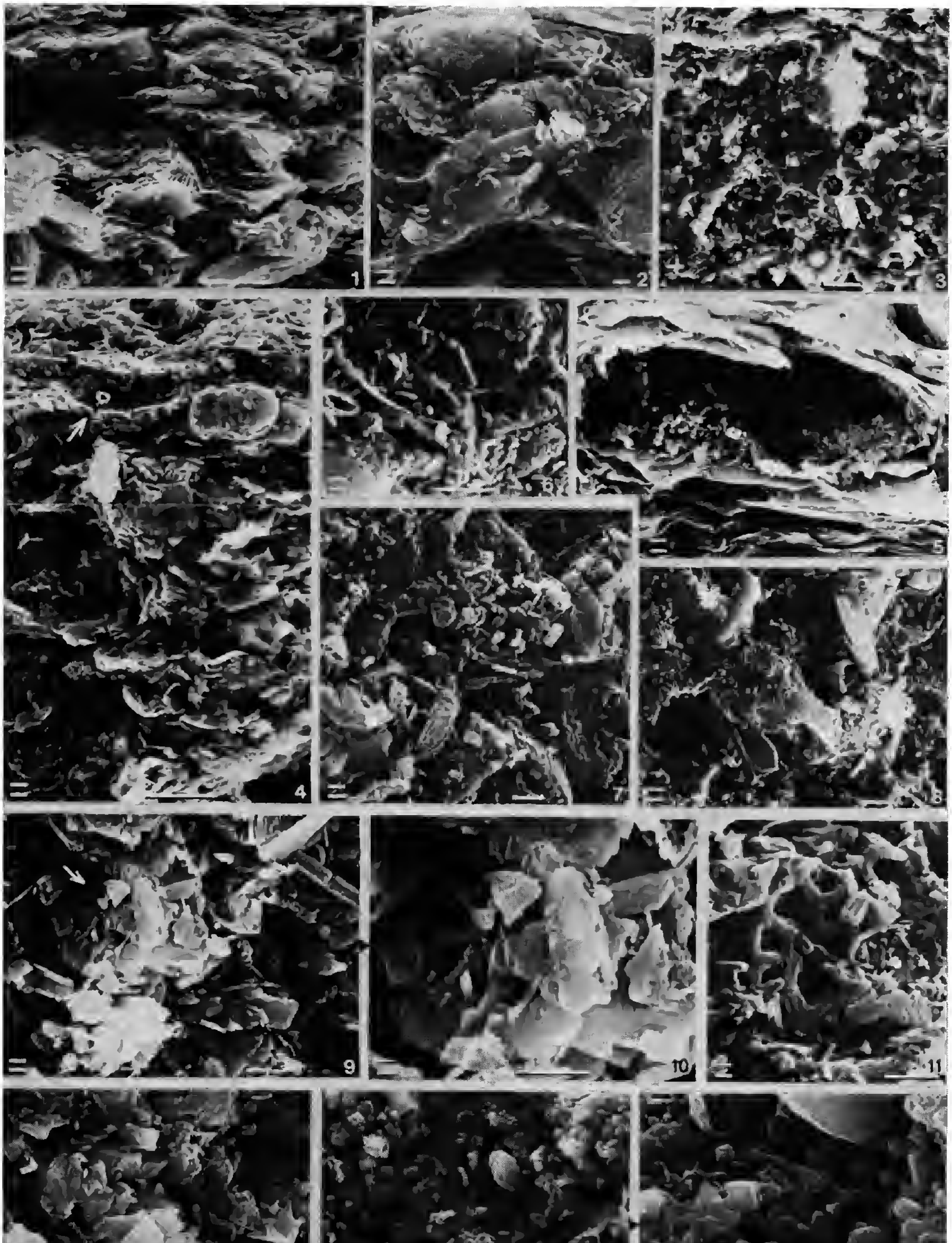


PLANCHE III

PLANCHE IV

Niveau Paquier, horizon α ; lentilles à *Nannoconus* (fig. 1-7, col de Palluel).

1 — Ensemble d'une lentille uniquement composée de *Nannoconus*, exempte de toute particule argileuse. N.E. 009 ; N.C. 374 ; G × 2 000 ; E 10 µm.

2 — Détail de la figure précédente ; *Nannoconus* en coupe longitudinale. N.E. 009 ; N.C. 368 ; G × 7 800 ; E 1 µm.

3 — Autre détail de la figure 1 ; *Nannoconus* en coupe longitudinale. Comme sur le cliché précédent, on peut voir le remplissage calcitique de la lumière centrale ; le monocristal a gardé l'empreinte des extrémités des éléments triangulaires en disposition hélicoïdale. N.E. 009 ; N.C. 372 ; G × 9 000 ; E 1 µm.

4 — Développement de cristaux de calcite à partir des *Nannoconus*. N.E. 009 ; N.C. 396 ; G × 11 000 ; E 1 µm.

5 — Développement d'un rhomboèdre calcitique bien formé, à partir de *Nannoconus*. Les traces des éléments sont bien visibles ; l'individu situé à la partie inférieure du cliché présente des traces évidentes de dissolution. N.E. 009 ; N.C. 394, 395 ; G × 11 000 ; E 1 µm.

6 — Lentille massivement recristallisée. N.E. 825 ; N.C. 1651 ; G × 900 ; E 10 µm.

7 — Lentille massivement recristallisée ; des empreintes de *Nannoconus* sont visibles à la partie inférieure. N.E. 009 ; N.C. 422 ; G × 2 400 ; E 1 µm.



PLANCHE IV

PLANCHE V

Niveau Paquier, horizon α, lentilles à *Nannoconus* désagrégés (fig. 1-11, col de Palluel ; fig. 12-14, Bruis).

1 — Section perpendiculaire au litage ; ensemble d'une lentille uniquement composée d'un empilement de plaquettes de *Nannoconus*. Ces plaquettes, résultant de la désolidarisation des tests, ont joué les unes sur les autres selon des plans de glissement. N.E. 825 ; N.C. 1663 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

2 — Détail de cette lentille. N.E. 825 ; N.C. 1664 ; G × 3 600 ; E 10 µm.

3 — Autre détail. N.E. 825 ; N.C. 1665 ; G × 9 000 ; E 1 µm.

4 — Section perpendiculaire au litage ; ensemble d'une lentille composée uniquement de plaquettes de *Nannoconus*. N.E. 825 ; N.C 1667, 1668 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

5 — Détail d'une lentille où ces plaquettes sont visibles de face (partie supérieure) et de profil (partie inférieure). N.E. 825 ; N.C. 1672 ; G × 3 600 ; E 1 µm.

6 — Partie inférieure d'une lentille à plaquettes de *Nannoconus* ; des tests de *Nannoconus* entiers y sont visibles. N.E. 825 ; N.C. 1714 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

7 — Détail de la partie inférieure d'une lentille. N.E. 825 ; N.C. 1708 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

8 — Détail de la figure précédente. N.E. 825 ; N.C. 1712 ; G × 7 200 ; E 1 µm.

9 — Section parallèle au litage ; matrice argileuse. N.E. 825 ; N.C. 1730 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

10 — Section parallèle au litage ; vue apicale d'une lentille à plaquettes de *Nannoconus*. N.E. 825 ; N.C. 1726 ; G × 2 400 , E 1 µm.

11 — Section perpendiculaire au litage ; échantillon incliné à 30°. N.E. 825 ; N.C. 1736 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

12 — Section perpendiculaire au litage d'un échantillon montrant macroscopiquement des stries de friction. Détail d'une lentille à plaquettes de *Nannoconus* auxquelles sont associés quelques coccolithes. N.E. BRU , N.C. 1773 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

13 — Section perpendiculaire au litage du même échantillon. Ici, la matrice argileuse présente, à l'échelle de l'ultrastructure une orientation des particules selon la direction des stries observées macroscopiquement. N.E. BRU ; N.C. 1774 ; G × 600 ; E 10 µm.

14 — Détail de la vue précédente. N.E. BRU ; N.C. 1775 ; G × 1 800 ; E 10 µm.

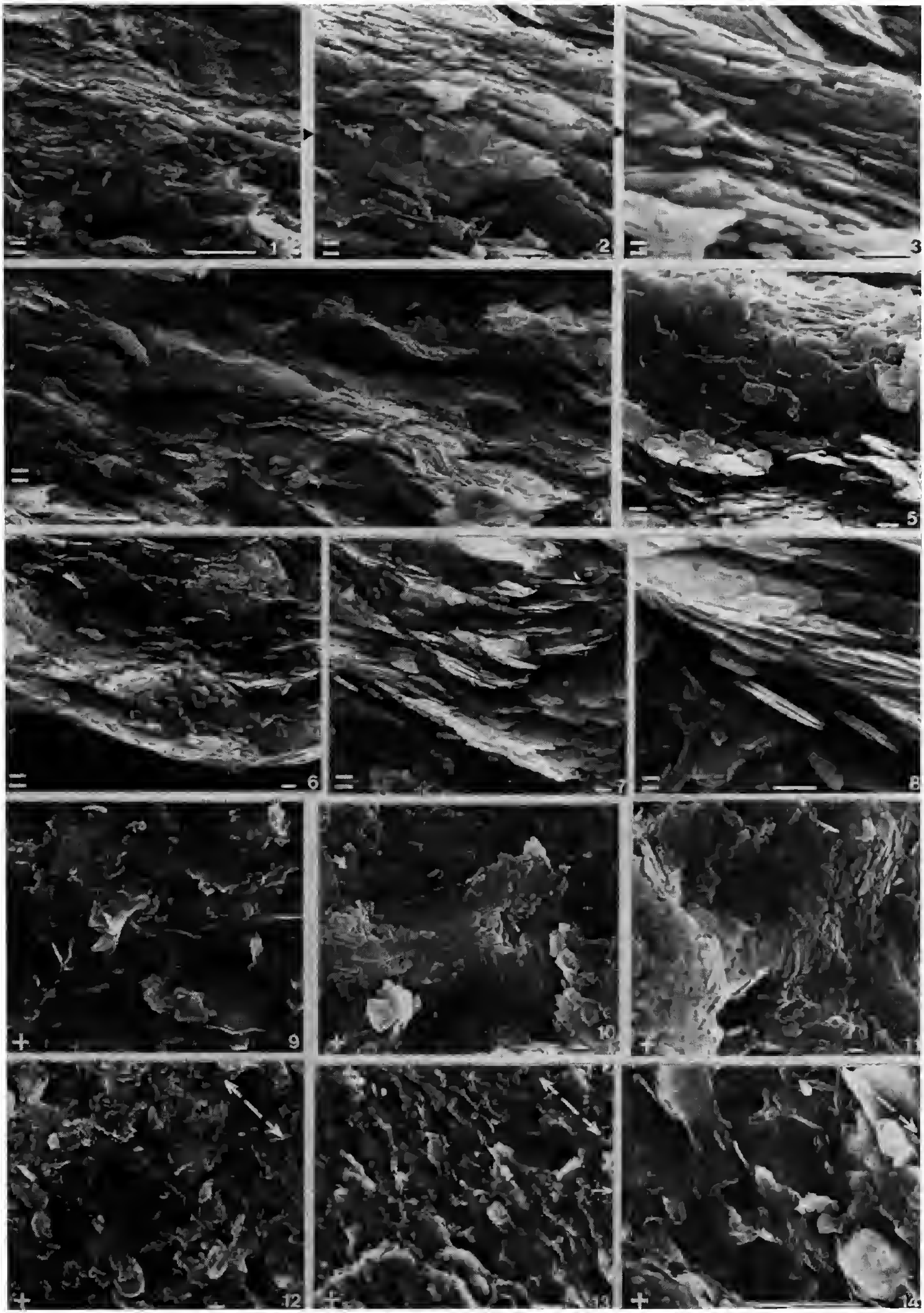


PLANCHE V

PLANCHE VI

Niveau Paquier, lentilles à *Nannoconus* ; effets de la dissolution (fig. 1-2 : col de Palluel ; fig. 3-4 : horizon α, Vergons).

1 — Ensemble de *Nannoconus* quelque peu brisés et dissous. N.E. 008 ; N.C. 307 ; G × 2 400 ; E 1 μm.

2 — Détail de la figure 1. N.E. 008 ; N.C. 308 ; G × 6 000 ; E 1 μm.

3 — Lentille où les *Nannoconus* sont assez désagrégés. N.E. 1057 ; N.C. 1793 ; G × 3 600 ; E 1 μm.

4 — Lentille où les *Nannoconus* ont subi une dissolution et une recristallisation (centre du cliché) soudant les éléments constitutifs. N.E. 1057 ; N.C. 1815 ; G × 2 900 ; E 1 μm.

Niveau Paquier, horizon α ; lentilles mixtes à coccolithes et *Nannoconus*. (fig. 5-6 : col de Palluel).

5 — Partie d'une lentille riche en *Nannoconus*. N.E. 825 ; N.C. 1683 ; G × 2 400 ; E 1 μm.

6 — Autre région de cette même lentille plus riche en coccolithes. N.E. 825 ; N.C. 1682 ; G × 3 250 ; E 1 μm.

Niveau Paquier, horizon α ; lentilles imbibées de matériel bitumineux (fig. 7-11 : col de Palluel).

7 — Lentille riche en *Nannoconus*, imbibée de matière organique, les nannofossiles sont ici assez corrodés. N.E. 825 ; N.C. 1691 ; G × 2 400 ; E 1 μm.

8 — Détail de la même lentille montrant un *Nannoconus* aux plaquettes corrodées et une hampe de *Parhabdolithus* englués dans la matière bitumineuse. N.E. 825 ; N.C. 1695 ; G × 9 000 ; E 1 μm.

9 — Autre détail de cette lentille. N.E. 825 ; N.C. 1696 ; G × 6 000 ; E 1 μm.

10 — Lentille riche en coccolithes englués dans la matière bitumineuse. N.E. 825 ; N.C. 1700 ; G × 4 700 ; E 1 μm.

11 — Lentille à *Nannoconus* où les cristallisations de calcite sont importantes. N.E. 825 ; N.C. 1702 ; G × 2 200 ; E 10 μm.

12 — Calcisphère emplie de matière bitumineuse. N.E. 825 ; N.C. 1706 ; G × 950 ; E 10 μm.

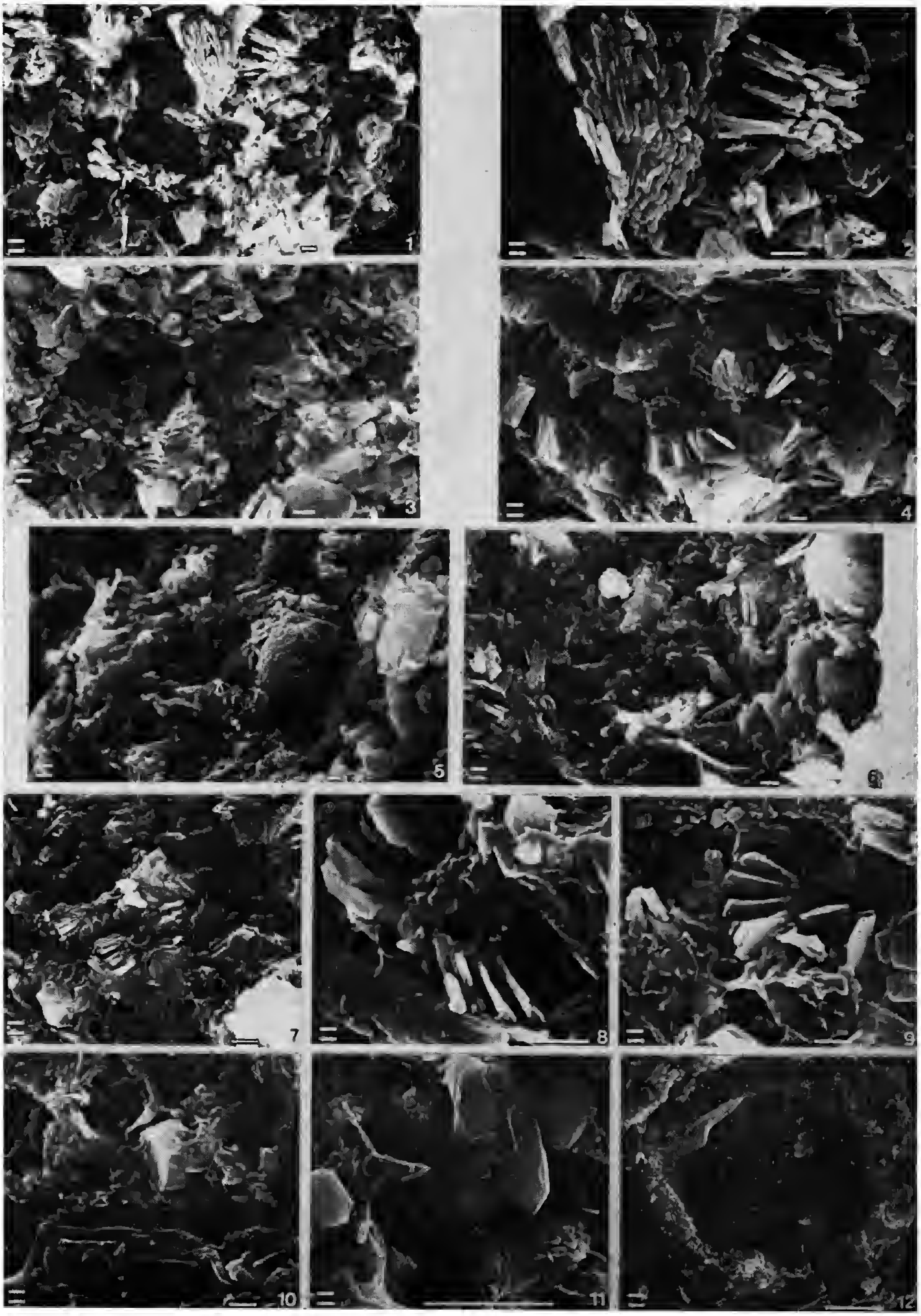


PLANCHE VI

PLANCHE VII

Niveau Lory, unité C (fig. 1-4 : col de Pré-Guittard).

1 — Section perpendiculaire au litage ; ensemble de la matrice montrant les très nombreux Foraminifères planctoniques. N.E. 895 ; N.C. 2024 ; G × 120 ; E 100 µm.

2 — Section perpendiculaire au litage. Comme on l'observe sur ce cliché, les tests de Foraminifères planctoniques constituent une grande partie du volume de la roche. N.E. 895 ; N.C. 2026 ; G × 180 ; E 100 µm.

3 — Section perpendiculaire au litage ; détail de la matrice. N.E. 895 ; N.C. 2025 ; G × 600 ; E 10 µm.

4 — Lentille formée de nombreuses espèces de coccolithes. La plupart sont bien conservés et identifiables. N.E. 895 ; N.C. 2027 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

Niveau Jacob, unité A (fig. 5 : col de Pré-Guittard).

5 — Lentille mixte à coccolithes et quelques *Nannoconus*. Ces nannofossiles sont relativement bien préservés. N.E. 981 ; N.C. 1900 ; G × 3 600 ; E 1 µm.

Lentilles et lamines de pyrite (fig. 6-11 : col de Palluel ; fig. 12 : col de Pré-Guittard).

6 — Lamine constituée d'un empilement d'octaèdres de pyrite. On reconnaît quatre zones où les cristaux sont plus petits (shale azoïque de l'unité B). N.E. 801 ; N.C. 1974 ; G × 1 450 ; E 10 µm.

7 — Ensemble d'une lamine constituée d'un empilement d'octaèdres de pyrite dans une marne noire encaissante (membre Leenhardt). N.E. 016 ; N.C. 569 ; G × 120 ; E 100 µm.

8 — Micronodule de pyrite constituée d'un empilement de framboïdes (shale du membre Leenhardt). N.E. 013 ; N.C. 471 ; G × 1 200 ; E 10 µm.

9 — Framboïde de petits octaèdres dans une lamine constituée pour l'essentiel, d'octaèdres de taille dix fois supérieure. N.E. 801 ; N.C. 1976 ; G × 4 700 ; E 1 µm.

10 — Framboïdes de pyrite enveloppés d'argile. N.E. 009 ; N.C. 378 ; G × 4 000 ; E 1 µm.

11 — Détail de la vue précédente montrant l'aspect « sale », grumeleux des octaèdres (niveau Paquier). N.E. 009 ; N.C. 379 ; G × 13 200 ; E 1 µm.

12 — Ensemble d'octaèdres de pyrite dans une lamine. Les cristaux sont enveloppés dans des feuillets argileux (shale du membre Kilian). N.E. 995 ; N.C. 1991 ; G × 2 400 ; E 1 µm.

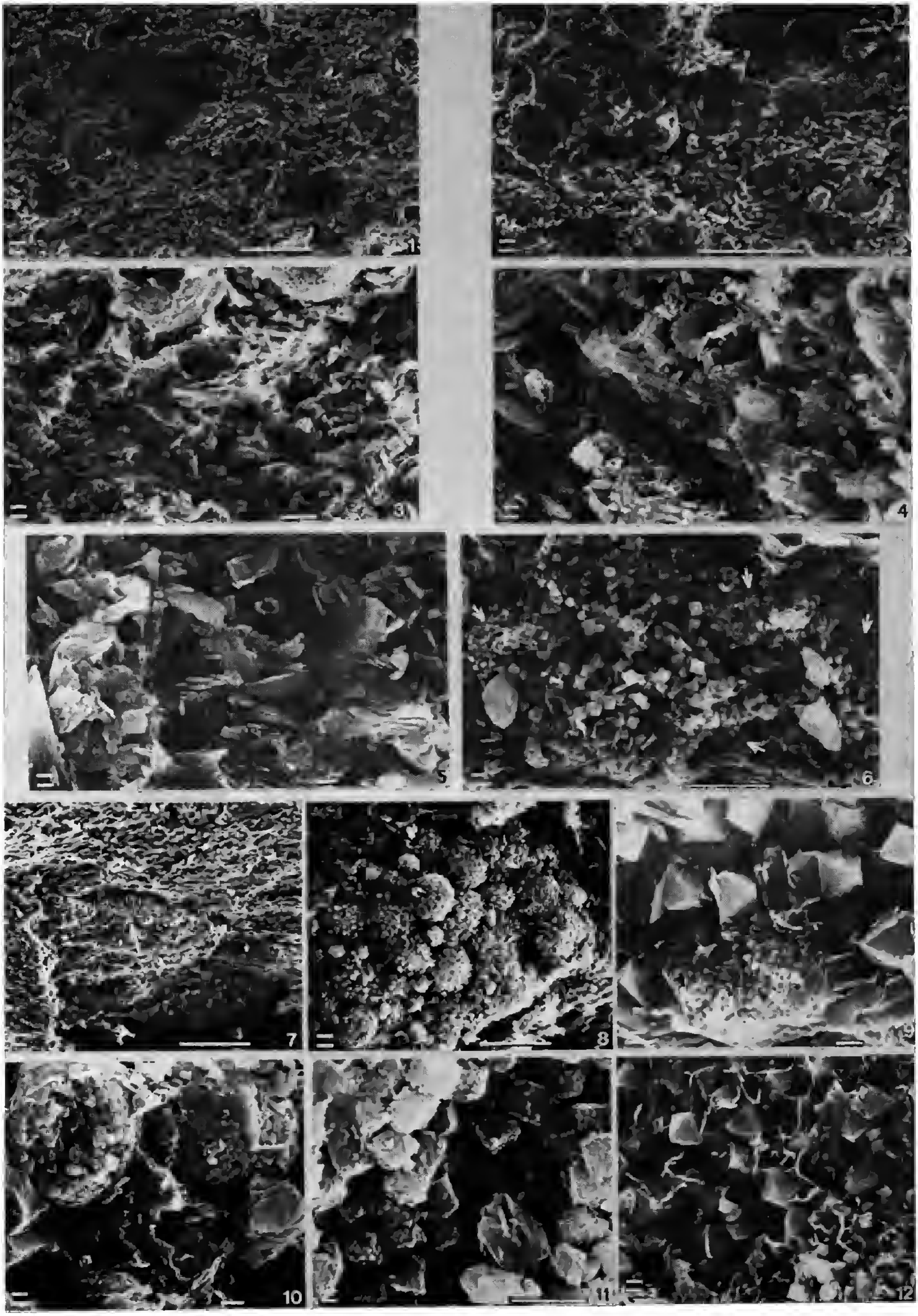


PLANCHE VII

Achevé d'imprimer le 24 juin 1983.

Les 3e et 4e trimestres de l'année 1982 ont été diffusés le 21 janvier 1983.

IMPRIMERIE NATIONALE

3 564 001 5

Recommandations aux auteurs

Les articles doivent être adressés directement au Secrétariat du *Bulletin du Muséum national d'Histoire naturelle*, 57, rue Cuvier, 75005 Paris. Ils seront accompagnés : de la traduction du titre en anglais, d'un résumé en français et en anglais, de l'adresse du Laboratoire dans lequel le travail a été effectué (en note infrapaginale sur la première page).

Le *texte* doit être dactylographié à double interligne, avec une marge suffisante, recto seulement. Pas de mots en majuscules, pas de soulignages (à l'exception des noms de genres et d'espèces soulignés d'un trait). Il convient de numéroter les *tableaux* et de leur donner un titre ; les tableaux importants et complexes devront être préparés de façon à pouvoir être clichés comme des figures.

La liste des *références bibliographiques*, à la fin de l'article, devra être présentée par ordre alphabétique des noms d'auteurs, chaque référence étant indiquée ainsi : auteur, initiales du (ou des) prénom, date, titre d'article ou d'ouvrage (en entier), revue abrégée selon la *World list of Scientific Periodicals*, tome (souligné), numéro (entre parenthèses), deux points, pagination et llustrations.

Les *dessins et cartes* doivent être réalisés à l'encre de chine. Les *photographies* seront le plus nettes possible et tirées sur papier brillant. Tenir compte de la justification du Bulletin : 14,5 cm × 19 cm. L'auteur devra indiquer l'emplacement des figures dans la marge de son manuscrit. Les légendes seront regroupées à la fin du texte sur un feuillet séparé.

Tirés à part : 50 tirés à part seront fournis gratuitement par article. Les auteurs peuvent éventuellement commander des tirés à part supplémentaires qui leur seront facturés directement par l'Imprimeur.

MÉMOIRES DU MUSÉUM NATIONAL D'HISTOIRE NATURELLE

Collection à périodicité irrégulière. Paraît depuis 1935. A partir de 1950, les Mémoires se subdivisent en quatre séries spécialisées : A, Zoologie ; B, Botanique ; C, Sciences de la Terre ; D, Sciences physico-chimique. (Format in-4°.)

Dernières parutions dans la série C

T. 41 — Gaudant (Mireille). — Recherches sur l'anatomie et la systématique des Cténothrissiformes et des Pattersonichthyiformes (Poissons Téléostéens) du Cénomanien du Liban. 1978, 124 p., 57 fig., 10 pl. h.-t.

T. 42 — Lange-Badré (Brigitte). — Les Créodontes (Mammalia) d'Europe occidentale de l'Éocène supérieur à l'Oligocène supérieur. 1979, 249 p., 32 fig., 48 gr., 30 pl. h.-t.

T. 43. — Recherches océanographiques dans l'océan Indien. (Entretiens du Muséum, Paris, 20-22 juin 1977.) 1979, 253 p., fig. pl.

T. 44 — Gayet (Mireille). — Contribution à l'étude anatomique et systématique des Poissons Cénomaniens du Liban anciennement placés dans les Acanthoptérygiens. 1980, 151 p., fig., 29 pl.

T. 45 — Lauriat-Rage (Agnès). — Les Bivalves du Redonien (Pliocène atlantique de France). Signification stratigraphique et paléobiogéographique. 1981, 175 p., fig. 16 pl.

T. 46 — Fröhlich (François). — Les silicates dans l'environnement pélagique de l'océan Indien au Cénozoïque. 1981, 208 p., fig., pl.

T. 47 — Loreau (Jean-Paul). — Sédiments aragonitique et leur genèse. 1982, 314 p., fig., pl.

T. 48 — Lauriat-Rage (Agnès). — Les Astartidae (Bivalvia) du Redonien (Pliocène atlantique de France). Systématique, biostratigraphie, biogéographie. 1982, 118 p., fig., 16 pl.

T. 49 — Colloque sur le Turonien. (Entretiens du Muséum, Paris, 26-27 octobre 1981.) 1982, 240 p., 61 fig., 8 tabl., 4 pl.

T. 50 — Rouchy (Jean-Marie). — La genèse des évaporites messiniennes de Méditerranée. 1982, 267 p., 72 fig., 18 pl.

Ouvrages disponibles au Service de Vente des Publications du Muséum,
38, rue Geoffroy Saint-Hilaire, 75005 Paris